

SÉRIE A, N° 1272
N° D'ORDRE
2141

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

le Grade de Docteur ès Sciences naturelles

PAR

Lucienne GEORGE

AGRÉGÉE DE L'UNIVERSITÉ

1^{re} THÈSE. — Contribution à l'étude des Gnétales.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le

1930 devant la Commission d'examen

Président MM. L. BLARINGHEM

Examineurs . . . { A. DEREÏMS
R. LÉVY

NANCY
IMPRIMERIE CENTRALE DE L'EST

—
1930

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen C MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe
Doyens honoraires. P. APELL, M. MOLLIARD.

Professeurs hono-
raires
 A. JOANNIS.
 H. LE CHATELIER.
 H. LEBESGUE.
 A. FERNBACH.
 A. LEDUC.
 E. HÉROUARD.

EMILE PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure
 G. KÖNIGS Mécanique physique et expérimentale.
 E. GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.
 P. JANET Electrotechnique générale.
 F. WALLERANT Minéralogie.
 P. PAINLEVÉ Mécanique analytique et mécanique céleste.
 Gabriel BERTRAND. Chimie biologique.
 M^{me} P. CURIE.... Physique générale et radioactivité.
 M. CAULLERY Zoologie (Evolution des êtres organisés).
 G. URBAIN Chimie générale.
 Emile BOREL Calcul des probabilités et Physique mathém
 L. MARCHIS Aviation .
 Jean PERRIN Chimie physique.
 Rémy PERRIER ... Zoologie (Enseignement P. C. N.).
 H. ABRAHAM Physique.
 M. MOLLIARD Physiologie végétale.
 E. CARTAN Géométrie supérieure.
 L. LAPICQUE Physiologie générale.
 E. VESSIOT Théorie des fonctions et théorie des trans-
 formations.

Professeurs
 A. COTTON Physique générale.
 J. DRACH Application de l'analyse à la géométrie.
 Charles FABRY ... Physique.
 P. PORTIER Zoologie.
 Charles PÉREZ ... Géologie structurale et géologie appliquée.
 Léon BERTRAND... Théories chimiques.
 R. LESPIEAU Biologie expérimentale.
 E. RABAUD Physiologie comparée.
 E. BLAISE Chimie organique.
 P.-A. DANGEARD... Botanique.
 Paul MONTEL Mécanique rationnelle.
 P. WINTREBERT... Anatomie et histologie comparées.
 O. DUBOSQ Mathématiques générales.
 G. JULIA Biologie maritime.
 A. MAILHE Etude des combustibles.
 L. LUTAUD Géographie physique et géologie dynamique.
 Eugène BLOCH... Mécanique des fluides et applications.
 Henri VILLAT... Physique théorique et physique céleste.
 Ch. JACOB Géologie.
 P. PASCAL Chimie minérale.
 Léon BRILLOUIN... Théories physiques.
 V. AUGER Chimie appliquée.
 E. ESCLANGON... Astronomie.
 H. BÉNARD Mécanique expérimentale des fluides.

E. PÉCHARD Chimie (Enseignement
 P. C. N.).
 M. GUICHARD Chimie minérale.
 A. GUILLET Physique.
 G. MAUGIN Minéralogie.
 L. BLAR'NGHEM... Botanique.
 A. MICHEL-LÉVY.. Pétrographie.
 A. DEREIMS Géologie.
 A. DENJOY Calcul différentiel et
 intégral.
 H. BÉNARD Physique (P.C.N.).
 E. DARMOY Physique.
 G. BRUHAT Physique.
 H. MOUTON Chimie physique.
 L. JOLEAUD Paléontologie.
 M. JAVILLIER Chimie biologique.
 A. DUFOUR Physique (P. C. N.).
 F. PICARD Zoologie (Evolution
 des êtres organisés).
 Robert LÉVY..... Zoologie.
 L. DUNOYER Optique appliquée.
 A. GUILLERMOND.. Botanique (P.C.N.).
 A. DEBIERNE Radioactivité.
 M. FRÉCHET Calcul des Probabili-
 tés et Physiques ma-
 thématiques.

Secrétaire..... A. PACAUD.



A MES MAITRES

Louis BLARINGHE M

Membre de l'Institut

ET

René MAIRE

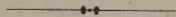
Correspondant de l'Institut

En témoignage d'affectueux respect

Contribution à l'étude des Gnétales

PAR

LUCIENNE GEORGE



INTRODUCTION

Les Gnétales forment un petit groupe dont la position systématique a été l'objet d'un grand nombre de travaux.

Alors que le *Welwitschia* n'était pas encore connu, A. L. DE JUSSIEU (1789), séparant les Gnetum des Ephedra, plaçait les premiers parmi les Dicotylédones, à côté des Urticées, les seconds parmi les Conifères.

Certains auteurs classent les Gnétales parmi les Gymnospermes : E. STRASBURGER (1872) leur reconnaît des affinités avec les Dicotylédones inférieures et admet qu'elles ont formé un groupe de transition vers ces plantes, puis (1879) les place au voisinage des Conifères, près des Taxées, comme E. A. CARRIÈRE (1855) alors que, d'après J. M. COULTER (1909), « il y a beaucoup de raisons pour penser que les Gnétales dérivent des Cupressinées ». De même, selon J. SCHUSTER (1911) « les Gnétales sont sans aucun doute de vraies Gymnospermes ». H. HALLIER (1901) pense que « les Gnétales doivent être retirées des Gymnospermes et reportées parmi les Dicotylédones dont elles constituent un type fortement réduit » ; il se demande « si elles ne sont pas le dernier représentant de quelque groupe Angiosperme », apparente les Gnétales aux Loranthacées et Santalacées, et, peut-être,

l'Ephedra aux genres Casuarina et Myrothamnus, puis (1903) les remet dans les Gymnospermes à côté des Conifères. Dans le Pflanzenfamilien de A. ENGLER (1926) l'étude des Gnétales est placée avec celle des Gymnospermes.

R. CHODAT (1920) sépare nettement les Gnétales des Gymnospermes et crée pour elles la classe des Sacovulées.

D'autres botanistes les rapprochent des Angiospermes: Loranthacées, Chloranthacées, Chénopodiacées, Casuarinées, Polygonées, Pépéromiées ou Juglandées. Pour O. LIGNIER et A. TISON ce sont des Apétales, et nous renverrons le lecteur à leur travail (1912) pour ce qui concerne la bibliographie de la position systématique des Gnétales.

Ceux qui leur accordent une haute antiquité les rattachent plus ou moins aux Cordaïtées, aux Calamodendrées, aux Salisburiées, aux Bennettitées, ou aux Médullosées.

C. MEZ et ses élèves (1914), par la grandeur des précipités obtenus en mettant les méthodes de séro-diagnostic au service de la systématique végétale, pensent que les Conifères et les Gnétacées proviendraient des Lycopodiacées.

D'après N. ARBER et J. PARKIN (1908) la fleur hermaphrodite du Welwitschia est considérée comme la clef de la morphologie florale des Gnétales; de cette fleur hermaphrodite proviendraient les fleurs unisexuées des genres Ephedra et Gnetum, et les fleurs femelles du Welwitschia. Pour O. LIGNIER et A. TISON (1912), le Welwitschia paraît être, de toutes les Gnétales, celle dont les

fleurs « ont le mieux conservé des indications précises sur leur organisation morphologique et anatomique », et qui a le mieux gardé la plupart des caractères ancestraux ; ils pensent que « la plupart des autres organes de cette plante si curieuse sont parmi ceux qui peuvent donner le plus grand nombre de renseignements sur l'ancestralité du groupe tout entier ».

Pour toutes ces raisons, nous étudierons le *Welwitschia* en premier lieu, puis les *Ephedra* et les *Gnetum*, (les *Gnétacées* nous paraissant les plus modifiées), sans que cet ordre toutefois préjuge en rien concernant la phylogénie du groupe. Pour notre étude anatomique de la tige et des feuilles, nous suivrons, pour ces deux derniers genres, la classification adoptée dans le *Pflanzenfamilien*. La répartition géographique des *Gnétales* ayant été donnée par O. STAPF (1889), H. H. W. PEARSON (1929) et dans A. ENGLER (1926) nous l'indiquerons sommairement au début de l'étude de chaque espèce ; nous traiterons à part la Géographie Botanique des *Ephedra* en Afrique du Nord, après l'étude de ce genre, et examinerons la répartition géographique des *E. distachya*, *E. nebnoidensis*, *E. helvetica* en France, au début des paragraphes concernant ces espèces.

Nous avons pu, grâce aux nombreux échantillons (avec indication de la nature du sol, de l'altitude) qui nous ont été procurés par M. R. MAIRE, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, étudier, en ce qui concerne les *Ephedra* de l'Afrique du Nord, les modifications en rapport avec le milieu. De même, nous avons montré, à l'aide de plants provenant de semis, les modifications dues à la sécheresse et à l'humidité de l'air. Après

l'étude anatomique de l'Ephedra distachya, nous avons analysé les cendres de cette plante, et nous avons mesuré la valeur du pH du sol de la station où elle croît le plus activement, grâce au matériel qui a été mis à notre disposition par M. Ph. GUINIER, Directeur de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, à l'obligeance duquel nous devons aussi les photographies qui illustrent ce travail.

Nous avons commencé nos recherches en octobre 1928 au Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Besançon, et nous adressons toute notre reconnaissance à M. le Professeur P. PARMENTIER pour nous avoir permis de travailler dans les meilleures conditions possible. A Nancy, où nous avons terminé notre travail, nous remercions vivement M. le Professeur GUINIER pour sa grande obligeance.

Qu'il nous soit permis aussi de remercier tous ceux qui nous ont fourni des échantillons, secs ou conservés à l'alcool, c'est-à-dire les directions des

Museum National d'Histoire naturelle. Paris.

Herbier de l'Afrique du Nord. Alger.

Botanical Garden. Kew.

Conservatoire et Jardin Botanique. La Console. Genève.

Naturhistorika Riksmuseet, Paleobotaniska Avdelningen. Stockholm, 50.

Bergiansk Botaniska Trädgården. Stockholm.

Kgl. Botanischer Garten und Kgl. Botanisches Museum Königin Luisenstrasse, 6/8 Dahlemsteglitz bei Berlin.

Jardin Botanique. Buitenzorg.

Ecole Nationale des Eaux et Forêts. Nancy.

Jardin Botanique. Lyon.

Jardin Botanique. Tunis.

Jardin d'Essais du Hamma. Alger.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre ancien maître, le Dr R. MAIRE, qui nous a toujours suivie avec bienveillance dans nos études et notre carrière et à qui nous devons l'idée de ce travail.

Nous remercions également notre ancien maître, M. R. LÉVY, qui nous a toujours témoigné sa sympathie, et M. A. DEREIMS, qui ont bien voulu accepter de nous juger.

Nous adressons toute notre affectueuse gratitude et toute notre reconnaissance à notre ancien maître M. L. BLARINGHEM, membre de l'Institut, pour les conseils qu'il nous a donnés, et pour la bienveillante sympathie qu'il nous a toujours témoignée.

Nous remercions vivement M. SEYOT, Doyen de la Faculté de Pharmacie de Nancy, qui a bien voulu accepter la publication de notre travail dans le Bulletin de la Société des Sciences de Nancy.



CHAPITRE I

Historique

I. WELWITSCHIACÉES : Le *Welwitschia* adulte est considéré par J. D. HOOKER (1863), H. H. W. PEARSON (1906), M. G. SYKES (1910), comme une pousse arrêtée dans son développement. F. O. BOWER (1881) fait remarquer que cette vue n'est pas entièrement correcte.

D'après C. E. BERTRAND (1874) l'épiderme de la tige, énorme cône très court dont le sommet se trouve en bas, est simple, « des couches cuticulaires et la cuticule sont extrêmement épaissies et remplies de cristaux très petits d'oxalate de chaux ». Le tissu fondamental est formé de cellules arrondies, courtes, dont un grand nombre se transforment en sclérites, mentionnées par OTTO BUCH (1872), surtout abondantes dans la partie supérieure du plateau caulinaire ; de même que dans la racine, on trouve de distance en distance des glandes résinifères.

J. D. HOOKER (1863), acceptant les observations de G. KARSTEN (1847) d'après lesquelles la résine serait un produit analogue à la gomme et résultant d'une altération morbide des parois cellulaires, écrit que le *Welwitschia* a des canaux à gomme ; le gonflement de la paroi précédant la formation de la glande serait le début d'un travail de dégénérescence gommeuse. D'après lui, la

gomme qui s'écoule librement de différentes parties de la plante est due à un renflement collenchymateux des parois cellulaires du parenchyme, et quelquefois aussi des cellules spiculaires.

H. TAKEDA (1913), F. O. BOWER (1881), M. G. SYKES (1910), J. D. HOOKER (1863) étudient les cellules spiculaires du parenchyme, J. D. HOOKER en a trouvé présentant jusqu'à $3^{m/m}5$ de long. Ces éléments extrêmement rigides, peuvent se former à partir de certaines cellules du parenchyme, qui s'allongent par une croissance apicale. Tous ces auteurs, ainsi que J. VESQUE (1876), remarquent que ces cellules scléreuses ramifiées sont couvertes de petits cristaux clinorhombiques diversement modifiés d'oxalate de chaux.

C. E. BERTRAND (1874) classe en trois groupes les nombreux faisceaux qu'on rencontre dans la tige :

- 1° Les faisceaux médians, se rendant aux feuilles.
- 2° Les faisceaux ascendants, se dirigeant dans les pédoncules floraux.
- 3° Les faisceaux descendants ou faisceaux propres de la tige, dont les branches, arrivées au voisinage de l'épiderme, s'anastomosent entre elles et avec les branches terminales des faisceaux voisins.

J. SACHS (1872) regarde les faisceaux descendants comme des ramifications des faisceaux horizontaux.

E. STRASBURGER (1872) décrit également ces faisceaux vasculaires, dont le liber est formé par un parenchyme entremêlé de tubes criblés et de quelques fibres libériennes à la périphérie.

A. DE BARY (1874) indique que le protoxylème contient des trachées spirales et annelées ; les trachéides du bois

secondaire montrent une ou plusieurs rangées de ponctuations aréolées, plus de deux rangs dans les éléments larges, et il remarque que les cloisons transversales sont partiellement résorbées.

D'après H. TAKEDA (1913) les tubes criblés sont très longs, avec des plaques criblées sur les parois terminales obliques et sur des parois verticales.

C. E. BERTRAND (1874) rencontre, sous le cambium, qui conserve sa vitalité assez longtemps, « un mélange de cellules grillagées dont les grillages sont très fins, et de cellules cambiales cloisonnées horizontalement pour former du parenchyme libérien ».

F. O. BOWER (1881) fait observer que le système vasculaire de la partie supérieure du tronc est augmenté par l'apparition de faisceaux additionnels et de faisceaux de liaison dans toutes les directions.

E. C. JEFFROY (1917) figure une section transverse totale du tronc de *Welwitschia* ; il y a un cercle ovale central de faisceaux, avec de nombreux cordons corticaux, et l'auteur regarde la « condition polydesmique » du *Welwitschia* comme un caractère dérivé d'un ancêtre grimpant.

H. H. W. PEARSON (1929) pense que l'arrangement de ces faisceaux apparaît plutôt comme étant dû directement au tronc court et épais.

J. D. HOOKER (1863) indique que la tige est revêtue par « un dur périderme formé par le système cellulaire induré de la tige », qui devient de plus en plus fissuré à mesure qu'il croît en épaisseur, et qui est absent sur les régions en voie de croissance, c'est-à-dire sur le pourtour du tronc et dans le sillon médian. Une couche géné-

rale de cambium enveloppant toute la tige se remarque partout sous le périoderme, et il y a des zones cambiales à l'intérieur des faisceaux vasculaires dans toute la plante.

D'après C. E. BERTRAND (1874), l'épiderme a la même structure sur les deux faces de la feuille, les couches cuticulaires sont « très volumineuses » et criblées de petits cristaux d'oxalate de chaux ; de distance en distance, on rencontre les puits au fond desquels sont cachés les stomates, décrits aussi par G. SOLMS-LAUBACH (1871), qui présentent des épaisissements cutinisés d'après M. G. SYKES (1910), lignifiés d'après H. TAKEDA et dont le développement a été étudié par ce dernier.

C. E. BERTRAND (1874) trouve de volumineux faisceaux de fibres hypodermiques « fortement épaissies et ne présentant aucun des caractères d'un tissu séveux comme le dit M. SACHS », et des faisceaux de « fibres pseudo-libériennes entre les faisceaux vasculaires » ; la plupart des cellules du parenchyme foliaire, surtout celles qui touchent l'épiderme, se transforment en sclérites.

Le mésophylle, dans lequel se trouvent les faisceaux vasculaires, est considéré par M. G. SYKES (1910) comme un réservoir d'eau probablement ; cet auteur trouve des canaux mucilagineux dans le mésophylle du côté inférieur. D'après C. E. BERTRAND (1874), « il n'y a pas de glande résinifère dans la feuille ». Pour ce dernier les faisceaux libéro-ligneux de la feuille sont des ramifications horizontales des faisceaux médians de la tige ; « ils traversent les zones cambiales qui bordent les gouttières cotylédonaire, et présentent en ce point un point d'accroissement intercalaire ; de là les faisceaux entrent dans

la feuille » Sous les trachées qui interviennent dans la constitution de ces faisceaux, C. E. BERTRAND trouve des « fibres ligneuses aréolées », dont quelques-unes s'accroissent un peu plus que leurs voisines, « communiquent largement ensemble, et représentent morphologiquement les gros tubes ponctués » des *Ephedra* et des *Gnctum*. Les faisceaux libéro-ligneux sont protégés par une gaine que A. DE BARY (1877) considère comme formée par des trachéides de transfusion constituées par des cellules plus ou moins cubiques, quelquefois allongées, effilées, à parois lignifiées, avec des épaissements réticulés et des ponctuations aréolées, et interrompues çà et là par du parenchyme.

A. DE BARY (1877), M. G. SYKES (1910), H. TAKEDA (1913), étudient aussi les faisceaux vasculaires et remarquent qu'ils s'anostomosent parfois entre eux. D'après J. D. HOOKER (1863) il y a absence totale de communications vasculaires latérales entre les faisceaux, et la nervation ressemble beaucoup à celle des *Cycas*, des *Dammara* et de quelques *Podocarpus*.

II. EPHEDRACÉES: Les tiges, généralement costulées comme celles des *Equisetum*, sont recouvertes par un épiderme qui, d'après A. DE BARY (1884) comporte « par endroit plus d'une couche », et d'après O. STAPF (1889) est dédoublé, surtout au sommet des côtes, chez certaines espèces. O. STAPF (1889), H. H. W. PEARSON (1929), C. E. BERTRAND (1874), R. J. D. GRAHAM (1909) indiquent la présence de cristaux d'oxalate dans la cuticule.

WOLKENS (1887) remarque que chez certaines espèces les puits prestomatiques sont fermés à l'époque de la

plus grande sécheresse par des masses résineuses ; pour R. J. D. GRAHAM (1909) il s'agit de bouchons mucilagineux ; A. DE BARY (1884) compare les stomates à ceux des Conifères et des *Cycas*. Nous sommes de l'avis de L. REHFOUS (1912) quand il montre que « le stomate des *Ephedra* ne rappelle pas celui des Conifères, et ce fait est en concordance avec la position systématique de ces plantes qu'on a groupées dans une famille à part ».

O. STAPP (1889) étudie le parenchyme assimilateur et le système mécanique qui s'y trouve, toutes les cellules ont leurs parois incrustées d'oxalate. STRASBURGER compare l'écorce de l'*Ephedra* à celle de l'*Araucaria*.

Le parcours des faisceaux conducteurs et leur disposition ont été étudiés par C. NAGELI (1858), TH. GEYLER (1867), E. STRASBURGER (1872), C. E. BERTRAND (1874), H. H. W. PEARSON (1929). D'après ce dernier, par leur nombre restreint et leur course régulière, les faisceaux vasculaires se rapprochent plus de ceux des Conifères et des Dicotylédones que de ceux des Cycadées et des Bennettitées.

O. STAPP, dans sa Monographie, décrit la structure des faisceaux conducteurs. Les gros tubes ponctués ont été signalés pour la première fois par KIESER (1815), puis par F. J. F. MEYER (1830). D'après H. MOHL (1832) les vaisseaux ligneux de l'*Ephedra* ne diffèrent qu'à peine de ceux des Dicotylédones, et ils occupent, dans la couche ligneuse, une position analogue.

GOPPERT (1841) décrit les fibres ligneuses et les rayons médullaires. Selon W. P. THOMPSON (1912) les rayons médullaires du bois secondaire jeune sont unisériés, les rayons larges du bois âgé dérivent de ceux-ci par simple

élargissement, par la transformation de trachéides en rayons parenchymateux, ou par agrégation de rayons médullaires unisériés, ceci d'une manière semblable à celle qui a été observée par A. J. EAMES (1910) chez le Chêne. L. BOODLES et W. C. WORSDELL (1894) pensent aussi que ces modifications sont dues soit à des divisions cellulaires, soit à la fusion de rayons unisériés. Dans les rayons médullaires primaires, ils observent parfois des cellules de transfusion reliant le xylème au tissu palissadique.

H. W. THOMPSON (1918) met en valeur l'évolution probablement indépendante des vaisseaux des Gnétales et des Angiospermes. Les recherches de R. C. MAC DUFFIE (1921) confirment au contraire pleinement les observations de SOLEREDER et de BARY sur les relations existant entre les vaisseaux des Gnétales et ceux des Angiospermes ; il n'apparaît pas que ces vaisseaux aient une origine différente. Des vaisseaux pourvus des ornements qui caractérisent les Angiospermes, et des ponctuations telles qu'on les trouve chez les Gnétales se rencontrent côte à côte dans la famille des Rosacées ; de semblables observations peuvent être faites chez les Géraniacées, Renonculacées et un grand nombre d'Angiospermes herbacées.

La moëlle présente un caractère saillant par la présence d'un « diaphragme péridermique » à la base de chaque entrenœud, et dont la structure rappelle, selon H. W. THOMPSON (1912) d'une façon frappante la structure semblable trouvée au-dessus du nœud chez les *Equisetum*, au-dessus et au-dessous chez les *Calamites* par D. H. SCOTT (1920). O. STAPF (1889) étudie le « tissu

de séparation, étroite bande persistant à l'état de méristème à la base des entrenœuds ».

H. W. THOMPSON (1912) observe que, dans la région nodale, les cellules parenchymateuses avoisinant les faisceaux, ténues et lignifiées, ressemblent à des éléments de xylème centripète, mais leur apparence en section longitudinale montre à W. C. WORSDELL (1901) qu'il s'agit uniquement de cellules parenchymateuses lignifiées.

R. J. D. GRAHAM (1909) appliquant l'histologie à la détermination des espèces établit une table de distinction basée sur les caractères du système vasculaire du 2^e entrenœud de quelques espèces, les groupes du stéréome et la moelle.

O. STAPP (1889) remarque que les formations péridermiques commencent, la quatrième, troisième, et plus rarement la deuxième année, d'abord dans le parenchyme cortical, puis gagnent bientôt des couches les plus externes du liber mou. Pour W. P. THOMPSON (1912) « le périderme commence juste en dehors de l'écorce tendre ». D'après C. E. BERTRAND (1874) un anneau complet de phellogène apparaît dans le parenchyme herbacé et engendre, en se divisant tangentiellement d'un seul côté (vers l'extérieur) des cellules cubiques, courtes, rectangulaires, lisses, à parois minces à peine ondulées qui ne vivent que très peu de temps ; plus tard, des arcs de phellogène apparaissent au milieu du liber mou.

En ce qui concerne les formations secondaires libéroligneuses, C. SANIO (1863) remarque, dans l'*E. monostachya*, que l'anneau d'accroissement issu du paren-

chyme primitif se différencie en faisceaux de procambium et en tissus intermédiaires à peu près comme l'a observé d'ARBAUMONT (1881) chez les Ampélidées. Il pense avec NAGELI que l'anneau d'accroissement apparaît d'abord en certains points qui doivent devenir des faisceaux de cambium, pour s'étendre ensuite tangentielllement jusqu'à formation d'un anneau complet. D'après O. STAPF, les faisceaux libéro-ligneux de la tige jeune sont réunis par un cambium primaire ; c'est dans la deuxième ou troisième année que ce cambium se transforme par division tangentielle en un anneau d'épaississement, et c'est alors que commencent, d'abord la production de bois intercalaire secondaire et, plus tard, de liber secondaire. Pour PH. VAN TIEGHEM et J. COSTANTIN (1918) « la tige s'épaissit à l'aide d'un pachyte dont le bois secondaire est hétérogène, composé d'un mélange de vaisseaux aréolés étroits et fermés, et de vaisseaux ponctués larges et ouverts ».

En ce qui concerne l'étude des feuilles, C. E. BERTRAND (1874) observe dans la « cuticule et les couches cuticulaires » de l'épiderme des « écailles » des cristaux très abondants d'oxalate de chaux ; sous cet épiderme, il y a de nombreuses fibres hypodermiques enveloppant une masse parenchymateuse dans laquelle courent deux faisceaux fibro-vasculaires parallèles réduits à quelques trachées et quelques gros vaisseaux ponctués. Les expansions membraneuses bordant les écailles sont formées d'une double couche de cellules épidermiques.

D'après W. P. THOMPSON (1912) les feuilles sont petites et non fonctionnelles, sauf dans les semis ; les traces foliaires sont doubles, et les deux cordons endarqués

d'un tout à l'autre ; ils sont insérés séparément et, sous ce rapport, ressemblent à ceux des Cycadées et du *Gingko*, tandis que chez les Bennettiales, la trace foliaire est unique ; d'autre part, ces faisceaux foliaires, avec parfois des trachéides de transfusion et jamais de bois centripète, ressemblent à des faisceaux réduits de Conifères.

POUR PH. VAN TIEGHEM et J. COSTANTIN « la méristèle de la feuille est munie de deux ailes vasculaires périodsmiques latérales libres ».

O. STAPP (1889) donne les caractères généraux des feuilles de quelques espèces et remarque que les stomates sont en général limités à la partie dorsale herbacée où ils sont en assez grand nombre.

E. STRASBURGER (1891) observe qu'un bourgeon surnuméraire se montre parfois sous le bourgeon axillaire, son tissu vasculaire étant une ramification de celui de ce dernier.

A. HENRY (1847) indique la phyllotaxie des *Ephedra* ; tous les auteurs notent que les feuilles sont insérées le plus souvent par deux ou par trois, parfois par quatre.

III. GNÉTACÉES : H. C. C. LA RIVIÈRE (1916) décrit l'épiderme des tiges du *Gnetum moluccense* Karst, A. V. DUTHIE (1912) du *G. africanum* Welw ; dans les deux cas les cellules épidermiques présentent sur leur face externe des ponctuations rangées le long des parois latérales. H. TAKÉDA (1913) observe le développement des stomates du *G. gnemon* L.. H. C. C. LA RIVIÈRE en compte 5 par m/m^2 sur une tige de *G. moluccense* de 2 m/m 5 de diamètre, et trouve des lenticelles sur une tige

de 3 ^m/_m de diamètre, « même avant que soit formé le tissu subéreux ». H. SLUYTER (1899) n'a pas vu de lenticelles sur la tige du *G. latifolium* Bl.

Chez *G. moluccense*, H. C. C. LA RIVIÈRE montre que l'écorce est divisée en deux parties par un anneau continu de cellules sclérenchymateuses à parois épaisses ; cet anneau s'épaissit au cours du développement de la tige. La région extérieure à cette zone renferme des fibres à parois fortement épaissies, lignifiées ; dans le voisinage de l'anneau scléreux il y a de grosses fibres isolées dont les parois sont en grande partie cellulodiques, et, parmi les éléments parenchymateux, de longues cellules à contenu brun, pointues, isolées, sans anastomose.

A propos du *G. gnemon* L., F. O. BOWER (1882) fixe l'attention sur ces éléments qu'il considère comme des laticifères et qui sont, dans cette espèce, formés par des séries de cellules ; il constate également des saillies ça et là sur les parois latérales, aux endroits où deux laticifères se touchent.

En dedans de l'anneau scléreux cortical de *G. moluccense* il y a deux à trois assises parenchymateuses. Dans *G. Thoa* R. Br. et *G. scandens* Roxb., L. MOROT (1885) appelle péricycle la zone scléreuse et la zone parenchymateuse sous-jacente ; c'est ce parenchyme qui produit les couches centrifuges de méristème où se différencieront les faisceaux libéro-ligneux surnuméraires. E. STRASBURGER (1891) nomme péricycle la zone parenchymateuse seule et pense aussi que les faisceaux tertiaires proviennent du cloisonnement d'une de ses couches. H. SLUYTER (1899) ne voit aucune distinction entre le

péricycle et l'écorce ; de même, d'après J. C. SCHOUTE (1902) les Gymnospermes n'ayant pas un endoderme bien caractérisé, on ne peut séparer nettement l'écorce du cylindre central.

Le protoxylème est formé, selon H. H. W. PEARSON (1929) d'éléments présentant des épaississements spirales surtout abondants au nœud, annelés ou réticulés parmi lesquels se trouvent quelques vaisseaux dont les parois terminales obliques présentent une ou plusieurs rangées de perforations.

Dans *G. moluccense*, le phellogène prend naissance dans la couche parenchymateuse sous-épidermique. Dans *G. africanum*, A. V. DUTHIE (1912) observe la formation de phellogène en des points limités de l'épiderme ; de là il s'étend périphériquement, mais jamais de façon égale en profondeur ; de plus il n'est pas rare de voir des groupes de fibres corticales entourés par des anneaux de liège qui, en plusieurs points, sont en continuité avec le liège périphérique. H. H. W. PEARSON (1929) observe le même phénomène chez *G. scandens* Roxb. et *G. Bucholzianum* Engl.

Dans les tiges âgées de *G. africanum* et de *G. moluccense*, A. V. DUTHIE et H. C. C. LA RIVIÈRE montrent que des éléments du liber primaire, qui étaient primitivement disposés régulièrement en rangées radiales, épaississent leurs parois, qui prennent une teinte brunâtre, et sont écrasés en une masse compacte. Il en est de même du liber du *G. scandens*, décrit par L. MOROT (1885). C'est ce tissu qui constitue le « Kératenchyme » de A. WIGAND (1877). Il renferme, dans *G. moluccense*, des fibres libériennes, qui, d'après A. V. DUTHIE man-

quent dans *G. africanum*. Dans ces deux espèces, les tubes criblés du liber sont très obliques, les rayons médullaires dans le phloème de *G. moluccense* sont larges d'une seule cellule et représentent les prolongements des rayons médullaires du xylème.

L. BOODLE et W. C. WORSDELL (1894) observent, alternant avec les tubes criblés du liber, des « cellules albumineuses » en rangées radiales régulières, souvent doubles ; plus tard leur arrangement est troublé, elles sont fréquemment comprimées contre des tubes criblés et ressemblent alors à des cellules compagnes régulièrement disposées. W. P. THOMPSON (1919) les décrit : ce sont des cellules courtes, étroites, à parois minces, contenant une masse dense de protéides et de petits cristaux d'oxalate de calcium avec, parfois, quelques grains d'amidon.

Le xylème est formé de grands vaisseaux à parois fortement épaissies, dont les parois obliques montrent une ou plusieurs perforations chez le *G. africanum*, une seule chez le *G. moluccense*, de fibres lignifiées laissant entre elles de grands méats décrits par H. C. C. LA RIVIÈRE, de parenchyme ligneux et de rayons médullaires. W. P. THOMPSON (1918) montre que l'unique et large perforation des vaisseaux dérive de la fusion de plusieurs perforations étroites du type *Ephedra*. L. BOODLE et W. C. WORSDELL (1894) trouvent que, chez le *G. paniculatum* Spr. et Benth. les vaisseaux dans les nœuds sont semblables à ceux des *Ephedra*, par leurs cloisons terminales présentant deux rangs d'étroites perforations rondes. H. H. W. PEARSON (1929) fait remarquer que les trachéides de l'internœud possèdent

habituellement un seul rang de dépressions bordées sur leurs cloisons obliques, au nœud fréquemment deux rangs chez quelques espèces et normalement deux rangs chez *G. paniculatum*.

Les cercles concentriques de faisceaux surnuméraires tirent leur origine du péricycle. H. C. C. LA RIVIÈRE (1916) voit dans les anneaux des tiges du *Gnetum* des anneaux libéro-ligneux continus, dont les rayons médullaires sont assez larges et beaucoup plus hauts que d'ordinaire. I. G. HILL et E. DE FRAINE (1908, 1909, 1910) indiquent, à propos des plantules, qu'on trouve souvent un cambium continu chez différentes espèces de *Gnetum*. D'après H. SCHRENK (1893) les formations surnuméraires seraient des faisceaux vasculaires collatéraux séparés, et il considère cette tige comme ayant une structure analogue au type Aristoloche.

H. C. C. LA RIVIÈRE appelle secteurs les faisceaux libéro-ligneux tertiaires, et recherche les endroits où ils se développent : « Les anneaux ultérieurs se développent dans l'entre-nœud, dans la direction du haut vers le bas », chaque nouveau secteur est précédé d'un cambium ; « le cambium d'un certain secteur provenant d'une branche exerce une action stimulatrice sur les cellules voisines, stimulation qui oblige les cellules à se diviser, laquelle stimulation se propage dans le parenchyme secondaire en sens descendant », ce qui vient à l'appui des expériences de G. HABERLANDT (1913) montrant chez les végétaux l'existence de substances ayant la propriété d'exciter les cellules à se diviser et des travaux de J. M. JANSE (1914) montrant que ces substances sont poussées du haut vers le bas. La croissance en

épaisseur des tiges du *G. moluccense* procède donc en direction descendante et cette conclusion « est entièrement d'accord avec ce que von MOHL (1862) a énoncé sur l'épaississement des arbres ordinaires », chez qui les formations secondaires libéro-ligneuses commencent aux extrémités des branches et se continuent ensuite en descendant.

A. DE BARY (1884), E. STRASBURGER (1891) décrivent des épaississements secondaires anomaux chez *G. Thoa* et *G. scandens*.

C. E. BERTRAND (1874) remarque que les faisceaux secondaires apparaissent en dehors du cercle des faisceaux primaires, lesquels « sont ouverts et peuvent s'accroître en épaisseur pendant plusieurs années »; « les faisceaux secondaires forment, autour du cylindre central des lignes concentriques assez irrégulières; ces faisceaux secondaires s'anastomosent, non seulement ceux d'une ligne entre eux, mais encore ceux de plusieurs lignes concentriques ensemble ».

La feuille s'attache sur la tige par un pétiole court. Dans l'espèce étudiée par C. E. BERTRAND (1874) six faisceaux passent de la tige dans la feuille, chez le *G. africanum* étudié par A. V. DUTHIE (1912) quatre faisceaux pénètrent dans le pétiole. D'après C. E. BERTRAND chaque faisceau est entouré d'une « gaine protectrice assez mal définie »; l'épiderme du limbe est « composé de cellules cubiques dont les épaississements de la face supérieure sont canaliculés ». A. V. DUTHIE (1912) étudie les stomates des feuilles du *G. africanum*.

Le mésophylle est formé d'après H. H. W. PEARSON (1929) par une seule couche de cellules palissadiques

courtes, un tissu spongieux bien développé ; d'après C. E. BERTRAND, les fibres hypodermiques, ainsi que les fibres pseudo libériennes et les cellules scléreuses qu'on trouve dans le « parenchymé rameux » peuvent servir à différencier les espèces.

A. C. C. BECKER-LA RIVIÈRE (1923) fait observer que, chez le *G. moluccense* « on rencontre à l'aisselle des feuilles, plus d'un bourgeon en position superposée ».

CHAPITRE II

WELWITSCHIACÉES

Welwitschia mirabilis Hook

Le *Welwitschia* est localisé sur les rives désertiques de l'Ouest africain, dans la ceinture des brumes ; il s'arrête à 100 km. de la côte.

Il pousse dans les sables profonds du Mossamedes; son lieu de prédilection — où il fut découvert par *Welwitsch* se trouve entre le cap Negro et Mossamedes. D'après H. BAUM (1903) la limite sud de ce lieu suit le cours inférieur du Rio Coraca, entre le cap Negro et Port Alexandre. Au Sud de Currene River, G. GÜRICH (1891-1892) l'a trouvé en grand nombre à Kaakoveld, au Sud de Chorichas. H. H. W. PEARSON (1909) l'a observé en quelque abondance dans les sols rudes et pierreux du Dammaraland, au Nord-Est du cap Cross et dans le désert de Namaqua, et (1907) en grand nombre à l'intérieur des terres de la baie Walvis. R. MARLOTH (1914) en a trouvé au voisinage de Spitzkoppe, au Sud du cap Cross. G. GÜRICH (1891-92) a découvert des *Tumboa* dans une station extra tropicale au voisinage de Hope Mine au Sud de Sandwich Harbour.

L'épiderme de la tige est formé de cellules jamais divisées par des cloisonnements tangentiels. Ces cellules ont une membrane cellulosique épaissie sur leur face externe, et recouverte par une couche mucilagineuse remplie de sable d'oxalate, sous-jacente à une couche périphérique cutinisée colorée en jaune d'or par la chrysoïdine, comme chez les *Ephedra* ; de plus il y a quelques cristaux d'oxalate à la surface de la cuticule. Les cellules stomatiques, enfoncées sous l'épiderme, ont leurs parois lignifiées, sauf celle qui les sépare des cellules annexes ; celles-ci sont au nombre de deux, parallèles à l'axe de la tige.

Le tissu fondamental ne renferme pas de palissades, il est formé de parenchyme homogène dont certaines cellules se sont transformées en sclérites rameuses. Les couches internes, épaissies de ces sclérites fibroïdes sont lignifiées. De nombreux cristaux clinorhombiques d'oxalate de calcium sont inclus dans leur couche externe, plus mince, cellulosique, imprégnée d'une gomme nettement mise en évidence par le procédé de Lutz dans des échantillons conservés à l'alcool. L'écorce renferme aussi d'assez nombreuses poches, se formant suivant le mode lysigène et renfermant une substance gommeuse prenant fortement le rouge de *Cassella* du réactif de Lutz, ainsi que des canaux contenant un mucilage pectique. Des fragments secs d'écorce, dans lesquelles le phellogène a donné naissance à cinq à dix assises de liège, placées pendant 24 heures dans une solution de bichromate à 5 % montrent que ce suber est riche en tanin ayant plus ou moins diffusé à travers les parois cellulaires.

En ce qui concerne les faisceaux libéro-ligneux de la tige, nous renvoyons le lecteur à la bibliographie indiquée à la fin de ce travail.

Les feuilles, isobilatérales, sont caractérisées par une structure fortement xérophytique. Leur épiderme présente, sur les deux faces, les mêmes caractères que celui de la tige. Les stomates sont disposés en rangées doubles, triples, quadruples entre les cordons de fibres hypodermiques, les cellules annexes parallèles à l'axe de la feuille. Il y en a environ 125 par mm^2 sur la face supérieure, 100 sur la face inférieure.

Les cordons de fibres sous-épidermiques sont formés de volumineux paquets, aussi importants sur chaque face, et comprenant chacun 50 à 100 fibres très serrées les unes contre les autres, à parois nacrées et brillantes comme celles des Cycadées, à canal presque nul, et se terminant en pointe à des niveaux variables. Des cordons semblables, mais moins volumineux, circulent dans le mésophylle, ainsi que de nombreux sclérites fibroïdes à revêtement d'oxalate de calcium.

Chacun des deux épidermes repose sur deux à trois assises palissadiques, dont la plus externe est interrompue au niveau des stomates, par de petites chambres sous-stomatiques. Les faisceaux libéro-ligneux sont plongés dans un parenchyme central homogène sans méats. Des poches à gomme et des vaisseaux à mucilage, présentant les mêmes caractères que dans la tige, sont répartis dans le mésophylle du côté inférieur et entre les faisceaux ligneux des méristèles. Les palissades de fragments de feuilles, secs, placés 48 heures dans une solution de bichromate à 5 % renferment un précipité brun

foncé ; le tanin a diffusé à travers les parois cellulaires.

Les feuilles sont parcourues par des faisceaux vasculaires parallèles, reliés par d'étroites anastomoses issues de deux faisceaux voisins. Les faisceaux libéro-ligneux sont entourés complètement par une zone de tissu de transfusion qui prend généralement son plus grand développement du côté dorsal. Les éléments de ce tissu les plus centraux sont allongés, effilés aux extrémités, et simulent parfois de vraies trachées ; leurs ornements lignifiés, fortement saillants, reposent sur une paroi cellulosique épaisse. Vers l'extérieur, ils se raccourcissent jusqu'à devenir isodiamétriques, et sont finement réticulés.

A l'intérieur de cet abondant tissu de transfusion se trouvent, sur la face dorsale et sur la face ventrale, un cordon de fibres tout à fait semblables à celles qui sont situées sous l'épiderme et dans le mésophylle, et présentant, en coupe transversale, la forme d'un croissant. Le liber s'applique contre le croissant dorsal ; il ne renferme pas de cellules compagnes. Le protoxylème est entouré d'un parenchyme non lignifié, limité par le cordon fibreux ventral. Les trachéides du métaxylème et du bois secondaire, réticulées, à ponctuations aréolées, ou présentant sur le même élément les deux sortes d'ornementations, sont disposées en files séparées par des rangées de parenchyme.

CHAPITRE III

ÉPHÉDRACÉES ⁽¹⁾

Section I. — **Alatae** Stapf.

Tribu I. — **Tropidolepides** Stapf.

Ephedra alata Dec.

A. Var. *alenda* Stapf.

[Maroc. Algérie. Tunisie.]

Tige jeune : L'épiderme est simple, tannifère presque partout. Les cellules épidermiques sont une fois et demie plus hautes que larges, leurs parois latérales et internes très minces ; elles sont parfois dédoublées par un cloi-

(1) N'ayant trouvé, dans certaines espèces, les *tubes criblés du liber* qu'à partir du 3^e entrenœud inclusivement, nous avons effectué toutes les coupes transversales des tiges jeunes au niveau du 3^e entrenœud à partir du sommet végétatif pour avoir une structure primaire complète.

sonnement tangentiel (alors que dans les tiges âgées l'épiderme est fréquemment double), et renfermant souvent de petites masses irrégulières d'une matière huileuse colorée en jaune et prenant une teinte rouge par la teinture d'Alkanna. La cuticule est plus ou moins épaisse suivant la provenance des échantillons ; elle est recouverte par une légère couche d'une substance collante, se colorant en bleu par l'acétate de cuivre en solution à 10 %, de sorte que des grains de sable sont souvent agglutinés par cette matière résineuse. Dans les échantillons provenant des dunes sahariennes, les papilles réfléchissantes de la cuticule sont peu marquées, *l'intensité de la lumière solaire étant diminuée par les particules de sable en suspension dans l'atmosphère*. Les stomates sont très enfoncés, les parois des cellules stomatiques cutinisées, les puits prestomatiques plus ou moins remplis par une masse résineuse, ce qui diminue beaucoup la transpiration.

Les tiges, finement costulées, renferment une quarantaine de paquets de cinq à dix fibres hypodermiques dans les côtes, et un grand nombre de petits cordons fibreux dans le reste de l'écorce.

Le parenchyme cortical comprend cinq assises palissadiques formées de cellules plus ou moins allongées radialement suivant la xérophilie des échantillons, et dont le tiers à peu près sont riches en tanin. L'endoderme, formé de cellules de section ovale, à parois minces, ne renferme jamais de chlorophylle. Tous les tissus corticaux ont leurs parois fortement incrustées d'oxalate en poussière.

Le péricycle présente des arcs fibreux vis-à-vis les

faisceaux libéro-ligneux, et, ça et là, parmi les cellules parenchymateuses alternant avec celles de l'endoderme, quelques scléréides fortement canaliculées. Il y a dix faisceaux conducteurs : deux paires de grands, opposées, et deux groupes de trois petits, également opposés. Les éléments du protoxylème sont annelés et spiralés. La moelle, lignifiée, régulièrement méatiforme, formée d'éléments fortement canaliculés, avec quelques fibres lignifiées dans la zone pérимédullaire et dans la zone centrale, renferme au centre une colonne de cellules tannifères. (Fig. 1).



FIG. 1. — Tige jeune. B=bouchon résineux. Fm=fibres méso-corticales. Fh=fibres hypodermiques. E=endoderme. P=péricycle. T=cellule à tannin. ($\times 160$).

Les feuilles, généralement opposées; décussées, très rarement par verticilles de trois, ont en moyenne cinq millimètres de long et sont connées sur quatre millimè-

tres. L'épiderme dorsal, tannifère, papilleux, est formé de cellules allongées radialement et présente des stomates nombreux très enfoncés. Les cellules de l'épiderme ventral, allongées tangentielllement, ont des parois minces et une cuticule lisse. Dans la partie la plus épaisse de la feuille, renfermant les deux traces foliaires, endarquies, il y a une assise palissadique, reposant sur trois assises de parenchyme homogène, sans méats, dans lequel circulent les faisceaux conducteurs. Ceux-ci se terminent, à peu près à un demi-millimètre de l'extrémité de la feuille par quelques éléments de transfusion, dont les premiers sont allongés, les derniers cubiques et finement réticulés. La sclérophyllie est très marquée; les feuilles sont fortement indurées par des fibres généralement lignifiées, de sorte qu'elles ne sont pas déchirées par les particules sableuses.

Tige âgée : Dans les tiges âgées de deux ans, un phellogène sous-épidermique s'établit, donnant un liège formé de cellules à parois minces, ondulées, et un phelloderme scléro-parenchymateux, puis, la troisième année, un autre périderme se forme dans l'assise la plus externe du liber, exfoliant un rhytidome gris rosé écailleux.

B. Var. *Decaisnei* Stapf.

[Lybie. Egypte. Arabie (Sinaï). Suez. Perse. Turkestan.]

Cette variété diffère de la précédente par ses feuilles ne renfermant pas de fibres en général, et dont le tissu de transfusion est moins abondant.

Ephedra strobilacea Bge

[Perse. Turkestan. Angora.]

Tige jeune : L'épiderme est simple, avec quelques éléments tannifères et quelques cellules renfermant une matière huileuse. Les puits cuticulaires des stomates sont souvent obstrués par un bouchon résineux. Le chlorenchyme est formé de deux assises palissadiques et de deux assises de cellules isodiamétriques, sans aucun espace d'aération et dont la moitié sont tannifères. Le stéréome cortical, extrêmement abondant, est constitué par une cinquantaine de paquets de fibres hypodermiques, dans les côtes, séparés généralement par une file de stomates, parfois par deux et même par trois ; de volumineux cordons de fibres circulent dans le parenchyme homogène ; leurs terminaisons sont arrondies, leur cavité de diamètre très irrégulier. Leurs parois, ainsi que celles du parenchyme cortical et de l'endoderme sont fortement incrustées d'oxalate.

Le péricycle est formé d'une assise parenchymateuse alternant régulièrement avec l'endoderme, et interrompue, vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux, par quelques fibres étroites, lignifiées, à lumen presque nul. Il y a douze faisceaux libéro-ligneux : une paire de grands alternant avec une paire de petits.

La moelle, formée de parenchyme à parois minces, ponctuées, est entourée d'un anneau complet de une à trois assises de fibres, et renferme aussi dans sa partie centrale de volumineux cordons de fibres semblables à

ceux de l'écorce. Elle contient quelques cellules tannifères. (Fig. 2.)

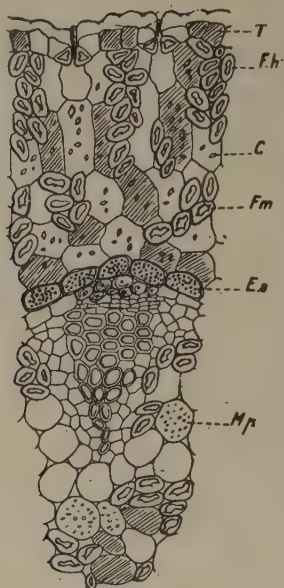


FIG. 2. — Tige jeune. T=cellule à tannin. Fh=fibres hypodermiques. C = cristaux d'oxalate. Fm = fibres mésocorticales. Ea=endoderme amylofère. Mp=cellule ponctuée de la moelle. ($\times 160$).

Les feuilles, opposées décussées ou par verticilles de trois, ont une gaine réduite à peu près au quart de la longueur totale qui est de trois millimètres. Les cellules du tiers terminal des pointes sont allongées en poils. Le stéréome est abondant. Les faisceaux libéro-ligneux sont formés par quelques vaisseaux spiralés, disposés en V en coupé transversale, les branches du V entourant quelques éléments libériens. De nombreuses trachéides de transfusion sont disposées au voisinage du bois ; vers le

cinquième terminal du limbe, il n'y a plus que de ces éléments au milieu d'un parenchyme homogène.

De très bonne heure, une zone de tissu de séparation s'établit à la base de la gaine, qui s'est déchirée suivant deux fentes longitudinales ; les feuilles se dessèchent, les fibres forment pendant un certain temps un fin chevelu qui ne tarde pas à disparaître.

Ephedra Przewalskii Stapf

[Asie centrale.]

Tige jeune : Les cellules épidermiques ont une membrane épaisse, cellulosique, doublée extérieurement par une mince couche mucilagineuse renfermant une fine poussière d'oxalate de calcium disposée de façon très irrégulière, colorée en vert foncé par le vert de MANGIN. Cette zone oxalifère est recouverte extérieurement par une couche épaisse, fortement cutinisée, colorée en jaune d'or par la chrysoidine du réactif genevois. Ces épaisissements cutinisés forment des sortes de ménisques convexes irréguliers au-dessus de chaque côte ; ils fonctionnent comme appareils réfléchissants et en même temps laissent pénétrer la lumière de façon inégale. Ces bourrelets de cutine sont séparés par des sillons parfois très étroits, recouverts par une substance résineuse agglutinant les grains de sable. Dans ces sillons s'ouvrent des stomates dont le puits cuticulaire est bouché par des productions résineuses colorées en vert éme-

raude par l'acétate de cuivre ; les chambres sous-stomatiques sont peu importantes. (Fig. 3.)

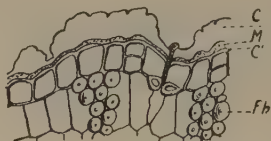


FIG. 3. — Epiderme de la tige. C=couche cutinisée. M=couche mucilagineuse. C'=couche cellulosique. Fh=fibres hypodermiques. ($\times 160$).

Le parenchyme cortical, formé de deux assises palissadiques et de trois assises de parenchyme homogène non méatifère renferme fréquemment des gouttelettes graisseuses, fortement colorées par la teinture d'orcanette, comme celles qui se trouvent dans l'épiderme. Les fibres hypodermiques et les fibres mésocorticales, groupées en paquets de section plus ou moins arrondie ont leurs parois externes lignifiées, les parois internes cellulosiques. Tous les éléments de l'écorce ont leurs parois fortement incrustées d'oxalate.

Il y a douze faisceaux conducteurs : une paire de grands alternant avec une paire de petits.

La moelle, formée de cellules à parois minces, lignifiées, ponctuées, renferme quelques fibres à la périphérie et des éléments à tannin dans sa partie centrale.

Les feuilles, généralement par verticilles de trois, ont à peu près trois millimètres de long et sont engainantes sur la moitié de leur longueur. La gaine est fibreuse, surtout sur sa face ventrale ; les trois pointes des feuilles ne renferment pas de stéréome. Les faisceaux libéro-ligneux (une paire par feuille) ont la même structure

que dans l'espèce précédente. L'épiderme interne de la gaine renferme quelques cellules à tannin ; celles-ci sont surtout abondantes dans l'épiderme externe.

Tribu II. — **Habrolepides** Stapf.

Ephedra trifurca Torr.

[Colorado. Arizona. Nouveau Mexique. Texas.]

Tige jeune : Les cellules épidermiques sont simples, avec une paroi cellulosique épaisse seulement sur la face externe, où elle est recouverte par une couche fortement oxalifère ; la couche cutinisée externe est mince, lisse, sans papilles.

Le stéréome cortical est peu développé : quinze à vingt paquets de deux à cinq fibres hypodermiques dans les côtes et quelques fibres isolées parmi les deux assises de parenchyme homogène, sans méats, sous-jacentes aux deux palissades.

Le péricycle, formé d'une assise parenchymateuse, renferme quelques fibres lignifiées vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux. Ceux-ci sont au nombre de douze, deux grands et deux petits alternant. Au niveau des nœuds, une ceinture de trachéides persiste seule, comme chez tous les *Ephedra*, mais ici, leurs parois, lignifiées, sont fortement incrustées d'oxalate.

La moelle, formée de cellules lignifiées, ponctuées, renferme quelques fibres à la périphérie.

Les feuilles, par verticilles de trois, sont faiblement engainantes ; elles ont environ 1 cm. de long et la gaine 1 mm. Leur stéréome est faiblement développé, il y a quelques fibres seulement du côté interne, et elles

s'arrêtent vers le milieu de la feuille. L'épiderme dorsal renferme quelques cellules à tannin.

Tige âgée : Le liège se forme dans les tiges de trois ans, au niveau de l'endoderme. Le phelloderme est très riche en fibres, le rhytidome écailleux.

Le bois secondaire, riche en trachéides à un seul rang de ponctuations aréolées et en faisceaux de parenchyme à ponctuations simples, est pauvre en vaisseaux, répartis très irrégulièrement ; on distingue cependant facilement les zones d'accroissement par l'épaisseur des parois des trachéides d'automne. Les cavités vasculaires sont larges et présentent des cloisons obliques perforées de gros trous circulaires. Les rayons médullaires, formés de 5 à 10 files de cellules sont constitués par l'aggrégation de rayons médullaires unisériés, ainsi que le montre la présence de trachéides, parfois, entre les travées cellulaires. Ces rayons médullaires sont riches en matières amylacées, faciles à observer après séjour des échantillons d'herbier pendant 24 heures dans de l'acide lactique additionné d'un peu d'iode.

Les cellules médullaires ont des parois très épaissies, fortement canaliculées dans toute leur épaisseur. Quelques fibres se trouvent au voisinage des pôles de différenciation ligneux.

Ephedra Torreyana Wats

[Utah. Nouveau Mexique.]

Tige jeune : Les tiges, légèrement costulées, sont recouvertes par un épiderme simple. Les parois cellulodiques sont minces, la couche oxalifère très développée. Il n'y a pas de papilles, la couche cuticulaire formant

seulement un très léger bombement au-dessus de chaque cellule. Les rameaux sont recouverts d'une mince couche d'une matière résineuse ; la même substance remplit en partie les puits préstomatiques, de sorte que la transpiration cuticulaire et la transpiration stomatique se trouvent réduites.

Le chlorenchyme, formé de trois palissades et de deux assises de cellules isodiamétriques, ne renferme pas d'espaces d'aération. Il y a 30 à 40 paquets de 8 à 10 fibres hypodermiques localisés dans les côtes et quelques cordons moins volumineux de fibres mesocorticales. Presque toutes les cellules épidermiques et corticales sont remplies de tanin, facilement mis en évidence par séjour d'échantillons d'herbier pendant 24 heures dans une solution d'acétate de cuivre à 10%.

Le péricycle, beaucoup plus fortement incrusté d'oxalate que les tissus corticaux renferme des arcs fibreux coiffant le liber primaire. Les faisceaux conducteurs sont de bonne heure réunis par un cambium continu. Le bois primaire est formé de vaisseaux spiralés — certains vaisseaux présentent à la fois un épaississement dextre et sénestre — de quelques trachéides à ponctuations aérolées séparées par des plis de cellulose perpendiculaires aux parois, bien visibles après coloration à l'hématoxyline, et d'éléments parenchymateux à ponctuations simples, groupés en faisceaux. Les rayons médullaires primaires renferment de nombreux éléments de transfusion, cellules cubiques finement réticulées. Il y a douze faisceaux libéro-ligneux (une paire de grands alternant avec une paire de petits). La moelle, cellulosique, formée d'éléments à parois minces, méati-

fère, renferme des fibres à lumière large, et, dans sa région centrale des files de cellules tannifères.

Les feuilles, disposées par verticilles de trois, sont engainantes sur une longueur de 4 mm. ; les pointes, libres sur une longueur d'un à deux millimètres sont légèrement dentelées sur les bords. La gaine est tapissée, sous l'épiderme ventral, par une couche continue de deux à quatre assises de fibres ; il n'y a pas de fibres du côté dorsal. Les faisceaux conducteurs (deux par feuille, endarques) sont formés de quelques vaisseaux spiralés et de quelques tubes criblés. Ils sont placés dans un parenchyme homogène, sans méats, sous-jacent à une assise palissadique. Ils se terminent à un demi-millimètre de l'extrémité distale de la feuille par quelques rares éléments de transfusion, finement réticulés, parfois présentant des ponctuations simples, au milieu d'un parenchyme entièrement homogène.

A l'aisselle des feuilles se trouvent parfois deux bourgeons axillaires, de sorte que, si, en général, les rameaux sont par verticilles de trois, il arrive parfois qu'ils soient par verticilles de quatre, cinq ou même six, si tous les bourgeons se développent.

Tige âgée : Le liège se forme tardivement, dans les tiges de quatre ans, au niveau de l'endoderme. Le bois secondaire, riche en trachéides, renferme de rares vaisseaux, à cloisons faiblement obliques, perforées.

La moelle est formée de grands éléments à parois épaisses, lignifiées, canaliculées. Elle est entourée à sa périphérie par une zone continue de fibres lignifiées, et renferme en outre un certain nombre de cordons fibreux dans sa région centrale.

Section II. — **Asarca** Stapf.

Tribu III. — **Asarca** Stapf.

Ephedra californica Wats.

[Californie australe. Colorado.]

Tige jeune : L'épiderme est simple, la couche cuticulaire, assez mince, ne forme pas de papilles. Le stéréome hypodermique comprend des cordons fibreux peu volumineux (deux à cinq fibres) localisés dans les côtes, le stéréome mésocortical est constitué par quelques paquets également peu volumineux. Il y a quatre assises palissadiques formées de cellules deux à quatre fois plus allongées dans le sens radial que dans le sens tangentiel. Ces cellules sont souvent séparées par des cavités étroites, canaux d'aération communiquant les uns avec les autres, ainsi qu'avec les chambres sous-stomatiques, qui sont vastes. Elles renferment, de même que la plupart des cellules épidermiques, quelques gouttelettes huileuses. Les cellules amylières de l'endoderme, à parois fortement incrustées d'oxalate, de même que celles de tous les tissus corticaux, alternent régulièrement avec les cellules parenchymateuses du péricycle, qui sont interrompues par quelques petites fibres au niveau du liber.

Il y a tantôt douze faisceaux libéro-ligneux disposés par paire, tantôt dix (deux paires de grands, opposés, deux groupes de trois petits, également opposés). La moelle renferme un anneau complet de fibres pérимédullaires, et quelques fibres dans sa portion centrale, qui est cellulosique.

Les feuilles ont 5 à 6 mm. de long et sont engainantes sur 1 mm. Elles sont insérées par verticilles de trois, très rarement par verticilles de deux. Le parenchyme foliaire est homogène, il y a quelques fibres sous l'épiderme ventral. Les cellules du bord du limbe, dans son tiers terminal, sont allongées en poils.

Tige âgée : Un premier périderme se forme dans le péricycle des tiges de quatre ans, bientôt suivi par un deuxième d'origine libérienne. Les phellodermes sont toujours riches en fibres.

Ephedra aspera Engelm.

[Mexique. Texas. Nevada. Californie. Colorado.]

Tige jeune : Les tiges, présentant une quarantaine de cannelures, sont recouvertes par un épiderme simple, dont les parois externes sont caractérisées par les trois couches habituelles. Le réactif genevois colore la partie cellulosique en rouge, la cutine en jaune orangé. L'épiderme est lisse, sauf au niveau des côtes : la couche mucilagineuse et la couche cuticulaire prennent alors un grand développement et il se forme une ou deux très grosses papilles. On peut différencier facilement la couche cellulosique de la couche mucilagineuse oxalifère en employant un mélange acidulé à 3% par l'acide formique de benzoazurine, qui colore la cellulose en bleu, et de rosazurine, qui colore la couche moyenne en rose, ce qui prouve que cette couche est callosique ; il s'agit de mucilages, car cette zone augmente de volume sous l'action prolongée de l'eau. (Fig. 4.)

Chacune des côtes de la tige renferme un paquet de fibres sous-épidermiques, s'étendant jusque vers le milieu

de l'écorce ; quelques fibres sont réparties isolément ou par petits groupes dans le chlorenchyme, entièrement palissadique, formé de 4 assises de palissades. L'endoderme, à grands éléments à parois minces, alterne régulièrement avec le péricycle, entièrement parenchymateux.

Il y a dix faisceaux libéro-ligneux : deux paires de grands, opposées, et deux groupes de trois petits, également opposés. La moelle, lignifiée, à parois minces, présente quelques rares fibres à large cavité. (Fig. 5 et 6.)

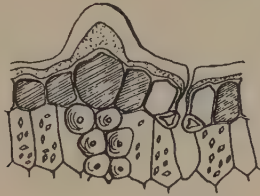


FIG. 4. — Epiderme de la tige. ($\times 200$).



FIG. 5 et 6. — Moelle, coupes transversale et longitudinale.
($\times 200$)

Les feuilles, opposées, décussées, ont une longueur moyenne de 4 mm. et sont engainantes sur $3^{\text{mm}}5$. Il y a des stomates sur la face dorsale seulement. L'épiderme

ventral de la gaine est doublé d'une à deux assises de fibres. Le chlorenchyme est homogène, méatifère. Les cellules épidermiques de la feuille, celles de la base de la gaine (parenchyme et épiderme) sont remplies de tanin, de même que la plupart des cellules de l'écorce de la tige.

Tige âgée : Les papilles épidermiques sont beaucoup plus accentuées que dans les rameaux jeunes, les tissus corticaux plus fortement imprégnés d'oxalate de calcium, qui existe aussi sous forme de cristaux clinorhombiques dans les cavités cellulaires. Les parois des cellules endodermiques sont épaissies, le péricycle présente des arcs fibreux coiffant le liber primaire. Le périderme se forme très tard, dans les tiges âgées de six ans ; le phelloderme est fortement fibreux. De gros vaisseaux ligneux caractérisent nettement le bois de printemps, tandis que les trachéides et les fibres sont plus abondantes dans le bois d'automne, de sorte qu'on peut facilement compter le nombre des couches annuelles.

La moelle, lignifiée, présente autour des pointements ligneux primaires une zone continue de fibres. La plus grande partie des cellules médullaires sont des éléments cylindriques, à parois très épaisses, fortement canaliculées. Ces cellules sont groupées en faisceaux plus ou moins volumineux séparés par des éléments à parois minces non canaliculées. La plupart des cellules médullaires sont remplies de tanin, mis en évidence soit par le réactif de BRAEMER ou le bichromate, soit après ramollissement des échantillons d'herbier dans le formol pendant 24 heures, et traitement des coupes pendant dix minutes environ par le sulfate de strychnine.

Section III. — **Pseudobaccatae** Stapf.

Tribu IV. — **Scandentes** Stapf.

Ephedra altissima Desf.

[Maroc. Algérie. Tunisie.]

A. var. *mauritanica* Stapf.

Un rameau provenant des *clairières calcaires des forêts d'Argania d'Agadir n'Ighir* (Maroc), entre 0 et 100 m. d'altitude, présente, en coupe transversale au milieu du 3^e entrenœud, 15 côtes peu marquées. L'épiderme est simple, papillifère. Certaines papilles sont très longues, d'autres sont allongées en *poils* droits, résistants, à parois épaisses colorées en jaune par la chrysoïdine ; la cavité cellulaire se prolonge presque jusqu'à l'extrémité du trichome, où elle se termine en pointe. Les trois quarts des cellules épidermiques sont remplies de tannin, donnant un précipité brun foncé après séjour de 24 h. du matériel sec dans une solution de bichromate à 5%, un précipité bleu sombre après séjour de 24 h. dans une solution aqueuse d'acétate de fer à 20%.

La cuticule est formée de trois couches : une externe, cutinisée, une moyenne, mucilagineuse, avec de nombreux granules d'oxalate de calcium plus ou moins disposés en strates et prenant bien le vert d'anthracène, une interne, épaisse, cellulosique.

Entre chaque côte, au fond de puits cuticulaires profonds, se trouvent deux à quatre rangées de stomates dont les cellules de bordure sont très enfoncées et entourées par deux cellules annexes parallèles à la fente du stomate et à l'axe de la tige. Chaque côte renferme un

grès cordon de 10 à 15 fibres hypodermiques à lumen presque nul, colorées en rose par le rouge congo, et arrivant jusqu'au milieu de l'écorce. Le parenchyme cortical renferme deux assises de cellules palissadiques une fois et demi plus longues que larges, et trois assises d'éléments à peu près isodiamétriques, méatifères. L'endoderme, régulier, est formé de grandes cellules amyli-fères, légèrement allongées dans le sens tangentiel. Les parois de tous les éléments corticaux sont fortement imprégnées d'oxalate de calcium.

Le péricycle présente, vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux, quelques fibres, cellulósiques comme celles de l'écorce et quelques scléréides, lignifiées. Il y a quinze faisceaux libéro-ligneux : 3 paires de grands et 3 groupes de trois petits alternant régulièrement. Ils sont réunis de bonne heure par un cambium continu. Des fibres à cavité presque nulle, dont les couches externes sont lignifiées, se trouvent, tantôt isolées, tantôt groupées, autour des pôles de différenciation ligneux. La moelle, lignifiée à la périphérie, cellulósique au centre, est formée de grandes cellules cylindriques, fortement ponctuées, et laissant entrè elles des méats réguliers.

Chaque nœud porte deux feuilles, opposées, décussées, de 1 à 2 cm. de long sur 1 à 2 mm. de large, très faiblement engainantes. Il y a souvent, sous le bourgeon axillaire, un bourgeon surnuméraire, qui, en général, ne se développe pas, mais qui peut parfois donner naissance à un rameau, de sorte que deux branches axillaires superposées peuvent s'observer à l'aisselle d'une feuille, qui d'ailleurs ne tarde pas à se dessécher. La préfoliaison est valvaire. (Fig. 7.)

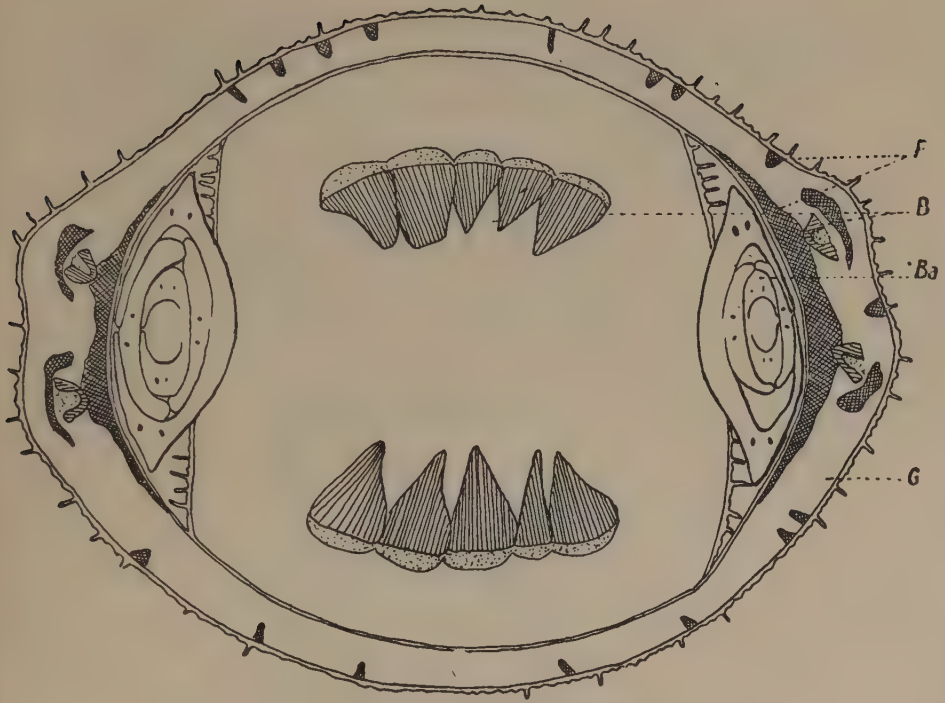


FIG. 7. — Coupe transversale au niveau d'un nœud.
Ba=bourgeon axillaire. B=bois. F=fibres. G=gaine. ($\times 80$).

L'épiderme est recticurviligne ; certaines cellules sont allongées en *poils*, dont la cavité cellulaire (Fig. 8) se

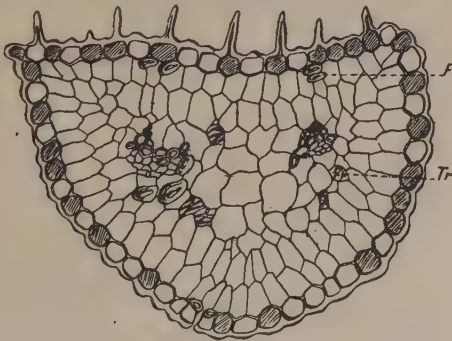


FIG. 8. — Feuille (coupe au milieu du limbe). F=fibres.
Tr=trachéidès de transfusion. ($\times 120$).

termine en pointe à l'extrémité. Il y a des stomates également sur les deux faces, dirigés suivant l'axe de la feuille, avec deux cellules annexes parallèles aux cellules de garde. Presque toutes les cellules épidermiques de la feuille sont tannifères, ainsi que toutes celles de la gaine. La gaine contient quelques fibres, provenant de la tige, seulement sur sa face interne; elles se prolongent dans la feuille et se terminent en pointe à différents niveaux, il n'y en a plus vers le cinquième terminal. Le parenchyme foliaire est entièrement homogène, méatifère. (Fig. 9, 10 et 11.)

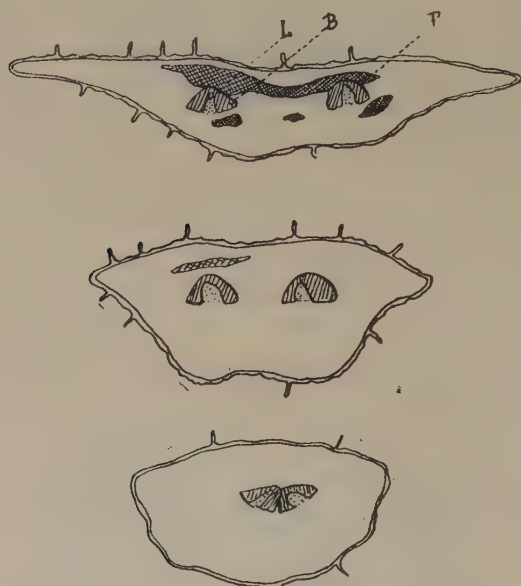


FIG. 9, 10, 11. — Coupes successives dans une feuille, ($\times 100$).
médullaires. F=fibres. ($\times 80$).

Dans les *tiges âgées*, les cellules scléreuses du péricycle sont beaucoup plus nombreuses que dans les tiges

jeunes, nous en avons observé jusqu'à 7 assises. Le nombre des fibres n'a pas augmenté. Le péricycle envoie des prolongements séparant le liber en îlots.

Un premier périderme se forme la 2^e année dans la troisième assise corticale, puis un deuxième s'établit dans l'assise la plus externe du péricycle ; enfin, de nouveaux phellogènes s'installent successivement dans les zones les plus externes du liber, produisant seulement du liège. (Fig. 12.)

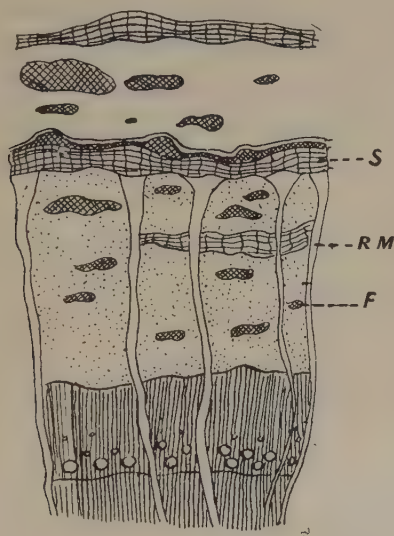


FIG. 12. — Formations péridermiques. S=suber. RM=rayons médullaires. F=fibres.

Les rayons médullaires, d'abord unisériés, deviennent multisériés, tantôt par divisions radiales des cellules, tantôt par agrégation de rayons unisériés, et alors, on trouve quelques trachéides dans les rayons médullaires. Ceux-ci restent cellulosiques à la périphérie ; ils sont

lignifiés sur les trois quarts de leur longueur (en coupe transversale) du côté de la moelle. Certaines de leurs cellules présentent de petites ponctuations simples. Au voisinage des rayons médullaires les plus larges, qui peuvent être formés de cinq à dix files de cellules, la croissance du bois est retardée beaucoup plus qu'au voisinage des rayons moins larges, de sorte que le contour externe du bois est festonné. Le liber et le liège présentent le même aspect avec des régions très minces vis-à-vis les larges rayons médullaires, de sorte que la tige âgée est fortement crevassée. Le rhytidome est écailleux.

Le bois est formé de trachéides à ponctuations aréolées, celles-ci séparées par des plis de cellulose (Barres de SANIO), de vaisseaux beaucoup plus larges, présentant des cloisons très obliques perforées de plusieurs gros trous circulaires. Les vaisseaux réticulés du protoxylème sont très développés.

Les longs tubes criblés du liber, terminés en pointe, avec des aires criblées sur les parois terminales et radiales, sont séparés par des groupes de cellules parenchymateuses.

Un échantillon provenant des *clairières calcaires du Juniperetum phœniceæ* de Goundafa (Telet n'Yakoub) à une altitude de 1.200 m. est remarquable par le grand développement des *poils*. Il y a deux palissades formées d'éléments deux à trois fois plus longs que larges, de sorte que l'écorce est plus épaisse que dans l'échantillon précédent, alors qu'au contraire le cylindre central présente une différenciation beaucoup moindre que dans les formes provenant de basses altitudes. Le liber est

moins différencié. Le bois primaire n'est pas lignifié, ses vaisseaux ont des parois peu épaisses. Les éléments du bois secondaire restent minces, les vaisseaux sont moins nombreux et de diamètre plus faible.

Le stéréome est beaucoup plus développé et ses éléments sont lignifiés : il y a 30 à 35 paquets de fibres hypodermiques logés chacun dans une côte, les cordons de fibres mésodermiques sont abondants et volumineux, les fibres périmédullaires sont groupées en îlots, parfois en anneau presque continu autour du bois.

Le périderme ne se forme que dans les tiges âgées de quatre ans, dans les mêmes assises que précédemment.

Les feuilles portées par les jeunes rameaux sont plus épaisses qu'à Agadir n'Ighir : Il y a deux palissades formées de cellules deux à trois fois plus longues que larges, reposant sur un parenchyme homogène dans lequel circulent deux faisceaux libéro-ligneux plus importants. Le stéréome est plus développé, les stomates et les poils plus nombreux surtout sur la face ventrale des feuilles.

Des *Ephedra* de la même espèce provenant des *granites et porphyres de Mesfioua (Maroc)* à une altitude de 900 à 1000 mètres présentent une structure beaucoup moins xérophytique que les précédents, à cause de la nature siliceuse du sol. Les poils sont moins nombreux, la cuticule moins épaisse, le stéréome moins développé ; il y a, dans l'écorce interne, des méats communiquant avec des canaux d'aération situés entre les palissades.

B. var. *algerica* Stapf.

Cette variété diffère de la variété *mauritanica* parce que l'épiderme présente parfois, le plus souvent au voi-

sinage des stomates, des cellules dédoublées par formation de cloisons tangentielles. Les cellules stomatiques, fortement cutinisées, sont enfoncées sous l'épiderme, une substance résineuse remplit généralement les puits cuticulaires, les chambres sous-stomatiques sont grandes.

Dans les échantillons provenant de l'*Oued St-Louis* (altitude 50 m.), l'épiderme est fortement papillifère, il n'y a pas de poils, mais de longues papilles surtout au sommet des côtes (15 côtes). La moitié à peu près de celles-ci renferment un paquet de fibres hypodermiques cellulosiques; quelques fibres isolées ou par petits groupes sont réparties dans le reste de l'écorce. Il y a deux assises palissadiques formées d'éléments une fois et demie plus longs que larges et séparés parfois par de minces canaux d'aération communiquant avec les méats des quatre assises chlorenchymateuses internes. Les cellules endodermiques, amylières, ont des parois minces.

A la périphérie, la moëlle est lignifiée, formée de cellules ponctuées, à parois épaisses et de quelques fibres groupées au voisinage des pôles de différenciation ligneux; au centre les cellules médullaires sont à parois minces, cellulosiques, se résorbant de bonne heure, ce qui donne une grande lacune centrale internodale.

Le parenchyme foliaire est formé de chlorenchyme homogène, avec quelques rares fibres se terminant à des niveaux variés dans la première moitié du limbe. L'épiderme supérieur porte quelques rares poils.

Dans les tiges de quatre ans, un premier phellogène s'établit dans le péricycle.

Un exemplaire provenant du *Quercetum illicis* de l'*Oued ghar Rouban* (Monts de Tlemcen) à 1000 m. d'al-

titude diffère du précédent parce que les stomates y sont plus nombreux (2 à 3 files dans les sillons, parfois même quelques-uns sur les côtes). Il y a 30 costulations, présentant souvent au sommet un ou deux poils. Le tissu de soutien est représenté par des paquets de fibres hypodermiques (un dans chaque côte), des îlots moins volumineux de fibres corticales, un péricycle presque entièrement formé de scléréides, avec en plus des arcs fibreux coiffant le liber. Les vaisseaux du bois sont moins nombreux et moins larges que dans l'échantillon de plaine. La moelle est entourée par quelques fibres à cavité presque nulle ; la région centrale ne tarde pas à se résorber.

Le liège est beaucoup plus précoce et plus épais qu'à l'Oued St-Louis, il apparaît dans les tiges âgées de deux ans.

Les feuilles sont plus épaisses, il y a deux assises palisadiques entourant un parenchyme homogène qui contient les faisceaux conducteurs. Les fibres, assez nombreuses, se terminent vers le quart terminal.

La localisation du tanin est la même que dans la var. *mauritanica*.

Pour observer les *modifications en rapport avec l'état hygrométrique de l'air*, nous avons semé des graines d'*Ephedra altissima*, provenant de la maison VILMORIN (sans indication de variété). Un premier lot de semis a été placé sous une cloche dans une atmosphère saturée d'humidité, un deuxième sous une autre cloche dans une atmosphère maintenue relativement sèche au moyen de chlorure de calcium fréquemment renouvelé. Au bout de sept mois, des coupes ont été effectuées dans les

exemplaires ayant survécu (toujours au niveau du 3^e entrenœud).

1^o *Air sec* : Les cellules épidermiques de la tige ont un diamètre réduit, leur paroi externe est fortement cutinisée ; les stomates au nombre de 120 par millimètre carré, sont très enfoncés sous l'épiderme, le lumen des cellules stomatiques très réduit, par suite des épaisissements de cutine. La paroi des cellules stomatiques, du côté des cellules annexes, est relativement épaisse, de sorte que les cellules de bordure perdent leur mobilité, ce qui est un moyen de lutte contre la transpiration.

La tige présente 30 côtes renfermant chacune un paquet de 7 à 8 fibrès, il y a de nombreux petits cordons de fibres mésocorticales. Les deux assises palissadiques formées de cellules à peu près trois fois plus longues que larges reposent sur trois assises de cellules à peu près isodiamétriques, faiblement méatifères. Le bois, bien développé, est formé de vaisseaux réticulés et de quelques trachéides à parois épaisses, lignifiées, présentant des ponctuations aréolées. La zone pérимédullaire est lignifiée sur quatre de ses assises, qui renferment quelques fibres à lumen très étroit.

Le parenchyme foliaire comprend deux palissades formées d'éléments deux à trois fois plus longs que larges, reposant sur un parenchyme homogène sans méats à l'intérieur duquel circulent les faisceaux libéro-ligneux. Le stéréome est bien développé, il y a quelques fibres au voisinage du système conducteur.

2^o *Air humide* : Les dimensions des cellules épidermiques sont plus grandes, la cuticule peu développée ; les

stomates, au nombre de 90 par mm² sont réunis à leurs cellules annexes par une paroi mince. La tige présente 20 côtes renfermant chacune un cordon de 2 à 3 fibres hypodermiques, les fibres mésocorticales sont isolées ou groupées par deux ou trois.

Le tissu palissadiqué est formé de cellules à peine plus longues que larges, présentant entre elles de minces canaux d'aération communiquant avec les méats bien développés des assises sous-jacentes. Les trachéides du bois ont des parois minces, faiblement lignifiées. La moelle présente un diamètre plus grand que dans le cas précédent, elle est lignifiée sur deux assises seulement, les fibres pérимédullaires sont rares. Les éléments fibreux de l'écorce et de la moelle sont à canal large, régulier. Les feuilles sont plus minces, par suite du raccourcissement des palissades, leur stéréome est moins développé. Partout les tanins sont produits en quantité plus faible.

Ephedra foliata Boissier var. *ciliata* (C.A.M.) Stapf.

[Turquie. Arabie australe (Aden). Mésopotamie. Perse. Afganistan. Bélutschistan. Inde. Turkestan.]

Tige jeune : L'épiderme est simple, les cavités cellulaires sont concaves vers l'extérieur par suite du rapide développement des parois externes, dont la couche oxalifère est très épaisse. Certaines cellules localisées au sommet des costulations de la tige présentent de fortes papilles et très souvent même passent à de véritables poils dont la cavité cellulaire se prolonge jusqu'à l'extrémité, où elle se termine en pointe. (Fig. 13.)

Il y a 20 à 30 côtes, renfermant chacune un faisceau de fibres hypodermiques, qui sont séparées par une, deux et souvent trois files de stomates ; il y a parfois même

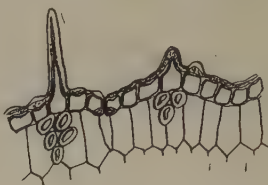


FIG. 13. — Epiderme de la tige. ($\times 100$).

des stomates au sommet des côtes. Les cellules de garde sont lignifiées, les puits préstomatiques bouchés par de la résine, les chambres sous-stomatiques petites. Les fibres mésocorticales, peu nombreuses, sont toujours localisées dans la région profonde de l'écorce, dont le parenchyme est entièrement palissadique (4 palissades). Les parois de l'endoderme sont plus fortement imprégnées d'oxalate que les autres éléments de l'écorce.

Le péricycle présente des arcs fibreux importants coiffant les faisceaux libériens, et, parfois, entre ces arcs, des scléréides, alternant avec les cellules endodermiques. Il y a 10 faisceaux libéro-ligneux (deux paires de grands, opposées, deux groupes de trois petits, opposés).

La moelle est formée, à la périphérie, par des cellules à parois épaisses, lignifiées, parmi lesquelles circulent quelques fibres à cavité large, comme toutes celles des tiges jeunes. La région centrale est formée de cellules à parois minces, cellulósiques.

Tige âgée : L'épiderme est souvent dédoublé par des cloisonnements tangentiels, parfois même sur toute la

coupe, et renferme du tanin. Les quatre assises palissadiques sont beaucoup plus allongées radialement que dans les tiges jeunes, et tous les éléments corticaux beaucoup plus fortement incrustés d'oxalate.

Les formations subéro-phellodermiques sont tout à fait variables ; il s'établit par endroit des îlots peu étendus de périderme d'origine sous-épidermique ; ailleurs, le phellogène s'enfonce plus profondément dans l'écorce, de sorte qu'il fonctionne en différentes zones du parenchyme cortical. Le plus souvent, le périderme s'établit dans les tiges de quatre ans dans l'assise la plus externe du liber, par zones discontinues qui ne tardent pas à se rejoindre en un anneau complet, rejetant un rhytidome qui s'exfolie en minces lanières longitudinales.

Le bois de cette espèce, grimpante, comme toutes les espèces de la tribu, est riche en gros vaisseaux présentant des parois obliques ou horizontales percées de gros trous circulaires. La moelle, dont les cellules sont finement ponctuées, renferme quelques fibres à la périphérie. Sa partie centrale, restée cellulosique, s'est résorbée de bonne heure en une lacune internodale.

Les feuilles sont toujours opposées, décussées. Sur le même rameau on peut observer des feuilles linéaires de 2 cm. de long, 1 à 2 mm. de large, engainantes sur 1 mm. et horizontales, et des feuilles beaucoup plus courtes, de 3 mm., engainantes sur la moitié de leur longueur. Dans les deux cas, la gaine est sclérifiée dans sa zone interne et présente quelques cordons fibreux sous son épiderme dorsal. Une section transversale dans le milieu de ces deux sortes de feuilles montre qu'elles

ent la même structure. Il y a des stomates sur les deux faces, l'épiderme ventral est pilifère, l'épiderme dorsal lisse. Les faisceaux libéro-ligneux sont entourés d'une mince zone de parenchyme homogène dans lequel circulent quelques fibres à cavité large et irrégulière. Vers le tiers terminal, il n'y a plus de fibres, les deux faisceaux libéro-ligneux de chaque feuille se touchent, cheminent parallèlement pendant un certain temps, les tubes criblés disparaissent d'abord, puis les vaisseaux spiralés et il ne reste plus que quelques éléments de transfusion finement réticulés, qui disparaissent à leur tour, de sorte que la pointe de la feuille renferme seulement quelques cellules de parenchyme homogène, entourées par un épiderme à parois minces (Fig. 14 et 15.)



FIG. 14. — Feuille, coupe au milieu du limbe. ($\times 120$).



FIG. 15. — Feuille, coupe à l'extrémité du limbe. Tr=trachéides de transfusion. V=vaisseaux spiralés. ($\times 120$).

Ephedra fragilis Desf.

A. var. *Desfontainii* Stapf.

[Canaries. Madère. Maroc. Algérie. Tunisie. Portugal. Espagne australe et orientale. Baléares. Sicile. Malte. Grèce.]

Les échantillons provenant des *dunes maritimes de Mogador* (altitude 0 à 50 m.) présentent un épiderme non tannifère, simple, dédoublé par endroits, avec de grosses papilles au sommet des côtes. Les cannelures sont très peu marquées, chacune renferme 2 à 10 fibres groupées en cordons de forme très variable en section transversale ; quelques rares fibres à canal large se trouvent isolées dans le reste de l'écorce. Il y a cinq assises palissadiques formées de cellules deux à quatre fois plus longues que larges, avec des cristaux d'oxalate de calcium très abondants dans les parois et quelques tablettes rhomboédriques dans les cavités cellulaires. L'endoderme est amylofère, le péricycle, formé de scléréides et, vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux, d'arcs fibreux. Les faisceaux conducteurs sont au nombre de dix (deux paires de grands, deux groupes de trois petits, opposés). Le protoxylème renferme des vaisseaux réticulés. La moelle présente à la périphérie des fibres lignifiées, isolées, au voisinage des pointements ligneux et, dans la région centrale, quelques éléments tannifères. Les parois cellulaires du parenchyme médullaire sont minces, lignifiées.

Dans les tiges âgées, l'épiderme est toujours double, ainsi que l'a observé NICOLAS (1918). Il y a fréquemment de minces bandes de liège d'origine épidermique

qui s'enfoncent plus ou moins dans l'écorce en s'anastomosant. Un périderme plus important, d'origine endodermique, s'établit tardivement dans les tiges de cinq ans. Dans cette espèce plus ou moins lianoïde les vaisseaux du bois sont larges, nombreux.

Les feuilles, très petites, sont fortement engainantes ; elles mesurent 1 à 2 mm. de long. Presque toutes les cellules bordant cette sorte de collerette sont allongées en poils. Le stéréome est assez développé dans la gaine, et certaines fibres se continuent jusqu'à la pointe du limbe. L'épiderme dorsal de la gaine est papillifère, l'épiderme ventral formé de cellules deux à trois fois plus grandes, à parois minces. Il arrive parfois qu'un bourgeon surnuméraire se trouve sous le bourgeon axillaire d'une feuille ; les deux se développent généralement, de sorte que les rameaux sont parfois insérés par quatre au niveau de certains nœuds.

B. var. *campylopoda* (C. A. Meyer) Stapf.

[Chypre. Crète. Grèce. Dalmatie. Herzégovine. Macédoine. Monténégro. Bosnie. Serbie. Arabie australe. Smyrne. Kurdistan. Syrie.]

Tige jeune : La tige, présentant une dizaine de costulations peu importantes, est recouverte par un épiderme simple, dédoublé au voisinage des stomates et renfermant un grand nombre d'éléments tannifères très facilement colorés, dans des échantillons frais, par une solution à $\frac{1}{500.000}$ de bleu de méthylène. La paroi cellulosique des cellules épidermiques est imprégnée de gomme,

colorée en rouge par le rouge de *Cassella* du réactif de Lutz. La tige présente des papilles seulement au sommet des côtes. Le parenchyme cortical comprend deux palissades et trois assises de cellules polyédriques dont certaines sont remplies de tanin, et qui sont toujours séparées par des méats. Le stéréome cortical est constitué par des paquets de fibres situées dans les côtes et par quelques fibres isolées ou groupées en faisceaux peu importants dans la région interne de l'écorce. L'endoderme, à grands éléments réguliers, est amylifère. Tous les tissus corticaux sont fortement incrustés d'oxalate, surtout dans la région interne. Le péricycle, parenchymateux, présente quelques fibres vis-à-vis les faisceaux conducteurs qui sont au nombre de dix (deux paires de grands opposées, deux groupes de trois petits, opposés) ou de douze (une paire de grands alternant avec une paire de petits). La moelle est formée de grandes cellules à parois minces, lignifiées, laissant entre elles des méats.

Les feuilles sont tantôt opposées, décussées, tantôt par verticilles de trois. Elles ont 3 mm. de long et sont engainantes sur 2 mm. Leur épiderme dorsal présente quelques cellules tannifères ; toutes les cellules de l'épiderme interne de la gaine et toute la zone d'insertion de celle-ci sont très riches en tanin, colorable en bleu par la solution de bleu de méthylène, en jaune fauve par le réactif de Braemer.

A l'aisselle de chaque feuille, il y a très souvent deux bourgeons axillaires, en position superposée. Nous avons pu observer le développement des deux sur des rameaux d'*Ephedra* ayant poussé dans une serre humide, et transportés dans l'atmosphère sèche d'un laboratoire. Peu de

temps après, tous les bourgeons axillaires ont donné naissance à autant de rameaux, et il s'en est fréquemment formé deux, également très développés, à l'aiselle de certaines feuilles, de sorte qu'aux nœuds portant des feuilles binaires, nous avons observé parfois des verticilles de cinq ou six rameaux. Tous ces rameaux sont caractérisés par une *croissance très rapide*, donnant à la plante un aspect chevelu. De plus, les pots avaient été placés devant une fenêtre, dans une salle assez obscure. Les jeunes rameaux se sont nettement dirigés vers la lumière dès le début de leur formation. Il en a été de même des rameaux anciens, encore assimilateurs : *la zone de croissance intercalaire située à la base des entrenœuds restant à l'état de méristème fonctionne moins activement du côté éclairé*, de sorte que des rameaux primitivement verticaux, se sont fortement coudés vers la lumière.

Tige âgée : Dans les tiges âgées de trois ans, il se forme un phellogène dans la troisième assise corticale, l'année suivante une nouvelle assise génératrice s'établit dans la zone la plus externe du liber. Les vaisseaux sont abondants dans le bois, larges, et disposés de telle façon que le bois de printemps est nettement distinct du bois d'automne. Les trachéides renferment parfois deux rangs de ponctuations aréolées, comme chez *E. altissima* ; le parenchyme ligneux, formé de cellules non ponctuées ou à ponctuations simples, est abondant. La moelle présente quelques fibres à la périphérie. Sa partie centrale, cellulosique, se résorbe de bonne heure de sorte que les tiges âgées sont fistuleuses.

Ephedra Cossoni Stapf (1).

Des échantillons provenant des collines gréseuses de la basse vallée d'Ourika (Grand Atlas), à 900 m. d'altitude, présentent, en coupe transversale au milieu du 3^e entrenœud, un épiderme tannifère souvent dédoublé, avec des papilles très saillantes surtout au niveau des cordons fibreux. Les parois verticales des cellules épidermiques sont parfois percées de petits pores. Il y a quarante paquets de fibres hypodermiques s'étendant jusqu'à l'endoderme et formés de une, deux, parfois trois files de stéréocytes, de sorte que l'écorce se trouve divisée en zones radiales à peu près d'égale épaisseur, alternativement parenchymateuses et fibreuses. Ces fibres sont colorées à la périphérie en jaune par l'iode et l'acide sulfurique, tandis que les couches internes prennent une coloration rouge vif par le rouge Congo; la couche externe lignifiée est beaucoup plus mince que les couches internes cellulosiques. Il y a peu de cristaux d'oxalate inclus dans les parois des fibres, ils sont sous forme de poussière; par contre ils sont nombreux et plus gros dans les parois des éléments parenchymateux. Ces fibres, par ébullition des rameaux dans une solution de carbonate de soude à 10% se dissocient facilement. Elles atteignent 1 à 4 cm. de long, se terminent en pointe mousse, ont un canal très irrégulier, sont flexibles et résistantes. (Fig. 16.)

Le parenchyme cortical est formé de deux palissades

(1) D'après L. TRABUT « c'est une excellente espèce et non une subvariété de l'*E. fragilis* ». R. MAIRE partage cette opinion.

à peine plus longues que larges et trois assises de cellules irrégulières, méatifères, reposant sur un endoderme à éléments à parois minces, dont certains sont remplis de tanin. Le péricycle est formé d'une assise de cellules tantôt parenchymateuses, tantôt sclérifiées, canaliculées, interrompue par des arcs fibreux vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux. Il y a 12 faisceaux libéro-ligneux. La zone pérимédullaire renferme quelques fibres isolées. La moelle fortement tannifère dans toute sa région centrale, est formée de grandes cellules à parois minces, lignifiées, méatifères, souvent ponctuées.

Dans les tiges de cinq ans un premier périderme s'établit dans l'endoderme, avec un liège formé de cellules assez épaisses, et un phelloderme peu important. L'année suivante un deuxième phellogène se forme dans l'assise la plus externe du liber, donnant un liège à parois minces, ondulées, et un phelloderme abondant, renfermant quelques fibres.

Les échantillons jeunes provenant des *collines gréseuses d'Asni, dans la Reraya* (*Grand Atlas, altitude 1400 m.*), ont une cuticule plus épaisse, un stéréome plus important; il y a, en plus des cordons radiaux de fibres, des faisceaux fibreux dans la région interne de l'écorce. Le péricycle renferme de grosses cellules scléreuses canaliculées alternant avec les cellules à parois épaisses de l'endoderme. Les fibres sont plus nombreuses dans la moelle, les palissades plus allongées. Les péridermes prennent naissance dans les mêmes assises, mais beaucoup plus tôt (dès la troisième année). (Fig. 17.)

Les échantillons provenant des *rochers calcaires du Djebel Grouz, à 1200 m. d'altitude*, présentent des carac-

tières plus xérophytiques, en rapport avec la nature du sol.

Dans tous les cas, les feuilles présentent peu de variations, la xérophilie accentuant seulement la sclérophylie. Elles sont faiblement engainantes, et présentent un épiderme parfois dédoublé tangentiellement au voisinage des stomates. Les cellules du bord du limbe foliaire, dans le tiers terminal de la pointe, s'allongent en poils. (Fig. 18.)



FIG. 16. — Ecorce, altitude 900 m. ($\times 120$).

FIG. 17. — Ecorce, altitude 1.400 m. S=sclérides ($\times 120$).

FIG. 18. — Bord du limbe foliaire. ($\times 120$).

Tribu V. — **Pachycladae** Stapf.

Ephedra pachyclada Boiss.

[Perse. Afganistan. Bélutschistan. Thibet occidental. Himalaya.]

Tige jeune : L'épiderme est simple et renferme quelques cellules à tanin. Les autres contiennent presque

toutes une ou deux petites masses huileuses. La couche cuticulaire est épaissie en papilles vis-à-vis les côtes et recouverte de cire dans les sillons. Les stomates sont disposés par files doubles, triples ou même quadruples dans les sillons. Les cellules de bordure, à parois épaisses, faiblement lignifiées, ont un lumen petit, cylindrique. Les cellules annexes, légèrement surélevées au-dessus des cellules stomatiques sont divisées par une anticline oblique. Les puits cuticulaires sont souvent bouchés par de minces pellicules de cire.

Il y a une quarantaine de côtes renfermant chacune un faisceau de 10 à 20 fibres, colorées en rose par la phloroglucine chlorée. Les fibres mésocorticales sont peu nombreuses. Toutes se terminent en pointe et leur cavité est très mince. Les deux assises palissadiques présentent par endroits de minces canaux aérifères communiquant avec les méats des trois assises de cellules polygonales sous-jacentes. Les tissus corticaux sont faiblement incrustés d'oxalate dans les entrenœuds, fortement, ainsi que les trachéides, au niveau des nœuds.

Le péricycle est entièrement parenchymateux. La stèle renferme douze faisceaux libéro-ligneux (une paire de grands alternant avec une paire de petits), souvent réunis par des trachéides de transfusion. La moelle est formée de grands éléments celluloseux très riches en tanins. Elle ne contient pas de fibres à la périphérie.

Les feuilles, insérées par verticilles de trois ont cinq à six millimètres de long et sont connées sur les deux tiers de leur longueur. Le chlrenchyme est entièrement homogène sous les deux palissades dorsales. Dans les feuilles âgées, une mince zone de liège s'établit entre

des deux sortes de parenchymes, de sorte que le tissu palissadique est exfolié, puis peu à peu le reste de la feuille se dessèche.

Tige âgée : Les fibres corticales sont toutes lignifiées, le péricycle présente des arcs fibreux cellulósiques coiffant le liber primaire. Un phellogène s'établit dans les tiges de cinq ans au niveau de la troisième assise corticale, produisant un liège épais et un phelloderme riche en fibres. Ce phellogène se raccorde par endroits avec une deuxième assise subéro-phellodermique discontinue prenant naissance en certains points de l'assise la plus externe du liber. Un troisième phellogène s'établit souvent vers le milieu du liber, produisant alors seulement du liège formé de cellules à parois minces, ondulées.

Les rayons médullaires larges, formés de 5 à 12 files de cellules, restent cellulósiques dans toute leur moitié externe, et se lignifient dans l'autre moitié jusqu'à la moelle, ce qui donne aux coupes colorées par la double coloration de la cellulose et du bois un aspect particulier.

Les cellules de la moelle restent minces mais lignifiées.

Ephedra intermedia Schrenk et Meyer

[Afganistan. Turkestan. Turkomanie. Perse. Asie centrale.]

Tige jeune : L'épiderme, parfois couvert d'une légère couche résineuse sur laquelle le sable vient se coller, est simple et présente une ou deux très grosses papilles au sommet des côtes, par suite du grand développement de la couche externe cutinisée. Les puits cuticulaires sont

plus ou moins obstrués par des particules de cire séparées par de petits espaces pleins d'air. Chaque cellule annexe est divisée en deux par une cloison oblique. (Fig. 18 bis.) Il y a une cinquantaine de côtes renfermant

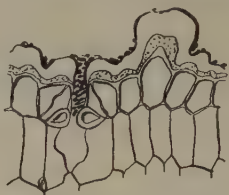


FIG. 18 bis. — Epiderme de la tige avec stomate, puits obstrué par des particules de cire. ($\times 120$).

chacune un paquet, de forme très irrégulière en section transversale, contenant 5 à 20 éléments et arrivant jusqu'au milieu de l'écorce.

Les fibres mésocorticales sont groupées en petits faisceaux de section arrondie ; elles prennent les colorants du bois, tandis que les fibres hypodermiques sont cellulosiques. Il y a trois assises de palissades et trois assises de cellules polygonales méatifères.

Le péricycle est parfois entièrement parenchymateux. Les 8 faisceaux libéro-ligneux (deux paires de grands, opposées et deux paires de petits, opposées) sont souvent réunis par quelques trachéides de transfusion, finement réticulées et ponctuées. La moelle, cellulosique, est formée de grandes cellules à contour irrégulier, laissant entre elles de très petits méats, et ne renferme pas de fibres.

Les feuilles sont généralement opposées, décussées, mais parfois par verticilles de quatre. Elles ont trois à quatre millimètres de long et sont connées sur les trois

quarts de leur longueur. Elles renferment quelques fibres autour de chacune des deux traces foliaires, et quelques-unes sur leur face ventrale, contre l'épiderme. Toutes ces fibres se terminent en pointe à différents niveaux vers le milieu de la feuille. Il y a des stomates sur les deux faces de la feuille et sur la face externe de la gaine, mais ne présentant jamais d'occlusions ciréuses.

Tige âgée : Les fibres hypodermiques ne prennent pas les colorants du bois. Dans les tiges de deux ans, un phellogène s'établit au niveau de la 3^e assise corticale. La moelle est toujours formée de cellules à parois minces, mais lignifiées, pas ponctuées. Elle ne renferme pas de fibres et est tannifère dans toute sa région centrale comme dans la tige jeune.

Tribu VI. — **Leptocladae** Stapf.

Ephedra helvetica C. A. Meyer.

[Italie: Tyrol méridional ; Piémont (vallée Brunetta, près Suze).

Suisse : C'est dans le Valais qu'on se trouve la station principale de cette plante. Sur les rochers de Branson et jusqu'au-delà de Sion ; sur les rochers calcaires de Follatères et de Charrat à Sierre ; de Fully à Saillon ; à Châteauneuf ; Montorge ; Saint-George ; Tourbillon ; de Saint-Léonard à Sierre ; entre Charrat et Saxon.

SIGRIANSKI (1913) la trouve dans les vignes et sur les petits rochers montant au Mont-d'Orge et très abondante dans le gravier et le sable du bord de la Morge.

France : Sur les rochers ou lieux pierreux des montagnes. — Le Montagnet, près Villeneuve-les-Avignon. Orange. Annot. Ribiers. Embrun. Laragne. Chateauneuf de Chabres. Pentes du Bau de Bertagne, près Géménos, Fabrègues. Saint-Jean de Vedas.]

Tige jeune : Les cellules épidermiques sont simples avec quelques rares éléments dédoublés tangentiellement. Leur paroi cellulosique est épaisse, surtout vers l'extérieur, et recouverte à ce niveau par une mince zone oxalifère protégée par une cuticule relativement épaisse, nettement colorée en jaune d'or par la chrysoïdine, et formant des papilles au sommet des côtes. Les cellules stomatiques ont des parois épaisses, fortement cutinisées, un lumen très étroit, cylindrique. Les cellules annexes sont toujours divisées par une cloison oblique, ainsi que l'a observé L. REHFOUS (1912).

Le stéréome cortical comprend vingt paquets de fibres hypodermiques, cellulosiques, à raison d'une par côte, et quelques rares fibres, isolées, lignifiées partiellement à la périphérie dans les régions profondes de l'écorce. Il y a deux assises palissadiques, trois assises de cellules isodiamétriques sans méats. L'endoderme, formé de grandes cellules à parois minces, est amylofère. Tous les tissus corticaux ont leurs parois fortement incrustées d'oxalate, les cavités cellulaires du chlorénchyme renferment d'abondants cristaux rhomboédriques.

Le péricycle présente quelques rares fibres cellulosiques vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux. Ceux-ci sont au nombre de huit : deux paires de grands, opposées, deux paires de petits également opposées. Les rayons

médullaires renferment quelques éléments de transfusion.

La moelle, formée de grandes cellules à parois minces, lignifiées, jamais ponctuées, renferme quelques très rares fibres à la périphérie et de très nombreux éléments tannifères dans la région centrale.

Les feuilles (3 mm. de long, engainantes sur $2^{m/m}\frac{1}{2}$) sont opposées, décussées, et présentent sur les deux faces des stomates semblables à ceux de la tige. Elles renferment quelques fibres hypodermiques dorsales, et quelques groupes fibreux dans le parenchyme ainsi que du côté interne. Les cellules parenchymateuses et épidermiques de la base de la gaine sont riches en tanin.

Tige âgée. : Un premier phellogène s'établit dans l'assise corticale précédant l'endoderme. Il produit un phelloderme formé de grands éléments arrondis, à parois minces, séparés par des fibres isolées ou groupées. Un deuxième phellogène se forme dans le péricycle, donnant un phelloderme à grands éléments parenchymateux et renfermant peu de fibres, et un liège épais.

La moelle est toujours à parois minces, avec quelques rares fibres à la périphérie.

La structure de la tige de l'*Ephedra helvetica* se rapproche beaucoup de celle de l'*Ephedra nebrodensis*, elle en diffère seulement par des caractères xérophytes beaucoup moins saillants (cuticule relativement mince, palissades courtes, stéréome peu développé, bois formé d'éléments à parois minces, peu lignifiées, moelle volumineuse).

Ephedra distachya L.

[Madère. Espagne. Corsè. Sardaigne. Apennin. Sicile. Tyrol. Croatie. Bulgarie. Roumanie. Russie australe. Bassin de la mer Caspienne. Perse. Turkomanie. Sibérie. Himalaya septentrional. Arménie. France, dans les sables et dunes du littoral :

a) *de la Gironde au Finistère inclusivement* : Soulac ; dunes près de Royan ; dunes de Roulières à la Tranche ; La Rochelle ; l'Aiguillon-sur-Mer ; les Sables-d'Olonne (très abondant, caractérise les dunes fixées qu'il couvre d'un tapis complet) ; île de Noirmoutiers ; île d'Yeu ; Saint-Gildas ; Le Croisic ; Escoubiac (La Baule) ; Quiberon ; Etel ; île d'Hœdic ; côte au Sud de Lorient.

b) *de la Méditerranée* : Banyuls, Leucate ; Sainte-Lucie ; côtes vis-à-vis Narbonne ; Canet et la montagne de La Clape ; Sète, Frontignan ; Pérols ; Aigues-Mortes ; Etang de Berre, près Martigues ; Nice.]

Tige jeune (1) : L'épiderme est simple, parfois dédoublé, et présente une ou deux grosses papilles au sommet de la plupart des côtes. La cuticule est épaisse, revêtue par une légère couche de cire, ainsi que l'a indiqué H. CHERMEZON (1910). Il y a une file de stomates dans chacun des 20 sillons ; les cellules de bordure sont cutinisées, comme dans l'*Ephedra helvetica*, avec un lumen cylindrique. Les cellules annexes sont divisées par une mince anticline oblique. Les îlots de fibres sclérifiées

(1) L. TRABUT (1891) indique que les rameaux renferment un alcaloïde, l'*Ephédrine*, mydriatique et paralysant du cœur,

sous-épidermiques correspondent aux côtes. Quelques rares fibres, généralement isolées, interrompent le parenchyme homogène, non méatifère (trois assises) sous-jacent aux trois palissades. L'endoderme, formé de grands éléments réguliers est amylofère; le péricycle fibreux vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux. Ceux-ci sont au nombre de huit. La moelle, cellulosique, formée de grandes cellules à parois minces, sans méats, et contenant dans sa région centrale quelques éléments tannifères, ne renferme pas de fibres.

Les feuilles sont constituées par une gaine de deux millimètres, terminée par deux dents opposées de un demi-millimètre. L'épiderme ventral est formé de cellules aplaties, à membrane externe assez épaisse, faiblement cutinisée; l'épiderme dorsal est formé de cellules à paroi externe convexe, et renferme plus de stomates. Les fibres sont localisées à la face ventrale; le mésophylle est formé de cellules polygonales. La localisation du tanin est la même que dans l'*Ephedra helvetica*.

Tige âgée : Un premier phellogène s'établit dans l'assise parenchymateuse sous-épidermique; l'écorce, au-dessous, s'accroît en cloisonnant radialement ses cellules; le phelloderme ne comporte qu'une ou deux assises de cellules. Une deuxième assise génératrice subéro-phellodermique prend naissance dans le péricycle, donnant un liège formé d'éléments à parois beaucoup plus minces que dans le périoderme superficiel, et un phelloderme bien développé, riche en fibres.

Les éléments du bois sont disposés régulièrement en files radiales et en assises concentriques. La moelle se sclérifie de bonne heure.

Nous avons déterminé le pH d'échantillons de sols provenant de l'*Ephedretum distachyæ* des dunes d'Olonne et de la grève de Bonne Anse. Les échantillons ont été prélevés à différentes profondeurs, au pied de touffes d'*Ephedra*. Le sable a été séché pendant une quinzaine de jours à l'air libre, à la température du laboratoire, puis finement tamisé, 20 grammes ont été mis à digérer, — en remuant de temps à autre, — pendant 2 heures dans 75 cm³ d'eau bidistillée, à une température de 10°, température peu élevée pour éviter les fermentations. Puis, après centrifugation, nous avons déterminé la valeur du pH de la solution claire. Nous avons ensuite mesuré le pH d'une suspension de sol dans une solution normale de chlorure de potassium — comme l'indique l'*Association internationale de la Science du Sol* — le rapport du sol au liquide restant le même. Dans les deux cas nous avons employé :

1° la méthode colorimétrique, en utilisant les séries de tubes témoins préparés par la maison Kulmann.

2° la méthode électrométrique, avec électrode à quinhydrone.

Les résultats obtenus étant sensiblement concordants, nous en donnons la moyenne :

A. Dunes d'Olonne.

1° Echantillons de sols pris au bord de la mer :

- a) à la surface..... pH=8
- b) à 0 m. 15 de profondeur..... pH=8,2
- c) à 0 m. 30 de profondeur..... pH=8,4

2° Echantillons de sols provenant d'une dune à 600 m. de la mer :

- a) à la surface..... pH=8,2
- b) à 0 m. 15 de profondeur..... pH=8,4
- c) à 0 m. 30 de profondeur..... pH=8,4

B. Bonne Anse.

Nous avons étudié deux lots d'échantillons pris :

- 1° a) à la surface..... pH=8,4
- b) à 0 m. 25 de profondeur..... pH=9
- 2° a) à la surface..... pH=8,2
- b) à 0 m. 30 de profondeur..... pH=8,4

Ces sols ayant un pH supérieur à 7 sont donc alcalins.

L'*Ephedra distachya* est par suite basiphile, ce qui ne veut pas dire cependant qu'il lui est impossible de se développer en terrain neutre ou acide. Comme, tout le long de la côte atlantique il est surtout abondant à Olonne, où il couvre entièrement les dunes fixées, nous en concluons que *cette espèce se développe particulièrement bien dans les terrains dont le pH est compris entre 8 et 8,4.*

D'autre part, l'analyse de la suspension de sol dans l'eau montre que *le terrain ne renferme pas de chlorure de sodium.* Malgré sa présence sur les dunes littorales, l'*Ephedra distachya* n'est donc pas halophile. Par contre nous avons observé la *présence d'ions Cl⁻ et I⁻ dans les parties aériennes de la plante*, par analyse de la solution filtrée obtenue après traitement de 1 gr. 75 de cendres par l'eau bouillante pendant un quart d'heure, cendres produites par 100 gr. de rameaux calcinés au moufle pendant trois heures (sans dépasser 600°).

Ephedra monosperma C. A. Meyer.

[Turkestan. Tibet. Mongolie. Sibérie.]

Tige jeune : L'épiderme, simple, présente de place en place une cellule divisée en deux par une cloison tangentielle ; certaines cellules renferment une masse huileuse. La couche cutinisée, fortement colorée en jaune d'or par la chrysoïdine, s'épaissit au niveau des côtes et forme, au-dessus de chacune, une ou plusieurs grosses papilles. Les stomates, disposés par files simples ou doubles, régulières, entre les sillons, ressemblent à ceux de l'*E. helvetica* et de l'*E. distachya*.

Il y a deux assises palissadiques, et quatre assises de cellules polygonales sans méats, huit faisceaux libéro-ligneux ; la moelle, entièrement cellulosique, ne renferme pas de fibres.

Les feuilles ressemblent tout à fait à celles de l'*E. distachya*, mais les fibres sont plus nombreuses contre l'épiderme interne de la gaine.

Tige âgée : Une tige de dix ans renferme trois périodermes : le 1^{er} a pris naissance vers le milieu de l'écorce, le liège est formé d'éléments à parois épaisses, le phelloderme est peu important. Le 2^e phellogène s'est installé dans l'endoderme, produisant un liège à parois plus minces, un phelloderme scléro-parenchymateux plus important. Le 3^e a pris naissance dans l'assise la plus externe du liber, le liège est formé de cellules à parois très minces, ondulées, à peine subérifiées, le phelloderme est très développé.

Ephedra Gerardiana Wall.

[Afghanistan. Himalaya. Inde. Yunan. Tibet.]

Tige jeune : L'épiderme est simple, avec, par places, une cellule dédoublée. Au sommet de chacune des vingt côtes, la couche oxalifère et la couche cutinisée de la cuticule s'épaississent pour donner une ou deux papilles. Chaque côte renferme un paquet de 4 à 5 fibres. Quelques sclérites isolées sont réparties dans les trois assises de parenchyme homogène, sans méats, sous-jacentes aux deux assises palissadiques, qui sont particulièrement nettes au niveau des côtes.

La stèle renferme dix faisceaux libéro-ligneux : deux paires de grands, opposées, et deux groupes de trois petits, également opposés. La moelle, cellulósique, ne renferme pas de fibres, elle est riche en tanin.

Les feuilles ont 3 mm. de long, la gaine de 1 mm. se termine par deux pointes opposées. L'épiderme ventral est formé de grandes cellules aplaties, l'épiderme dorsal, à cellules plus petites, bombées, présente des stomates semblables à ceux de toute la tribu. Le mésophylle, formé de cellules polygonales, de quelques fibres hypodermiques dorsales, de fibres plus nombreuses contre l'épiderme interne, et de quelques sclérites réparties dans le parenchyme renferme deux faisceaux libéro-ligneux à liber peu développé. Tous les tissus parenchymateux de la base de la gaine ainsi que les épidermes, sont tannifères.

Tige âgée : Un premier phellogène se forme dans l'avant-dernière assise corticale, donnant un liège à

parois minces et cinq à six assises de phelloderme formé d'éléments parenchymateux et de quelques fibres.

Les rayons médullaires larges renferment parfois une ou plusieurs trachéides à ponctuations aréolées, ce qui prouve qu'ils se sont formés par agrégation de rayons unisériés. Ils restent cellulotiques dans leur tiers externe.

Ephedra nebrodensis Tineo.

A. var. *Villarsii* (G. G.) A. et G.

[Dalmatie. Herzégovine. Apennin. Sicile. Sardaigne. Espagne. Canaries. Maroc. Algérie. Tunisie.

France austro-orientale, sur les rochers, rocailles et vieux murs :

Bouches-du-Rhône : Toute la chaîne des Alpilles ; Eyguières ; Saint-Remy de Provence ; Mont Peuzin ; Montagne de Cordes, près Arles.

Vaucluse : Baumè, près Orange ; Vallée de l'Yeuse ; montagne Saint-Jacques, près Cavaillon ; montagne du Luberon.

Basses-Alpes : murs de la citadelle de Sisteron ; Annot.

Drôme : ruines du château de Gigors, près Crest ; environs de Montélimar ; Valerne.

Aveyron : environs de Millau ; rochers de Baujoles ; rochers de la montagne d'Ambarquès ; vallon du Menson ; Compeyre ; Creissels ; Saint-Martin ; environs de Saint-Afrique ; au fond du cirque de Castels-Viels, près Tournemire ; Roquefort ; Combalou.]

1° Les échantillons provenant d'une *station très ensoleillée des rochers escarpés calcaires du Gouraya de Bougie* (altitude 50 à 100 m.) sont nettement caractérisés

par un chimisme très intense. La cuticule présente la même épaisseur que la cavité des cellules épidermiques ; au sommet des fines costulations longitudinales du rameau, elle est deux fois plus épaisse, de sorte qu'il y a sur chaque côte deux à trois grosses papilles jouant le rôle de ménisques réfléchissant la lumière. Elle est formée de trois couches : une interne cellulosique, une moyenne oxalifère, à grains très fins, une externe cutinisée, colorée en jaune d'or par la chrysoïdine. L'épiderme est simple, parfois dédoublé ; presque toutes ses cellules renferment du tannin, quelques-une contiennent une masse huileuse jaune vert se colorant en rose vif par la teinture d'Alkanna. Chaque sillon renferme deux à quatre files de stomates dont les puits cuticulaires sont plus ou moins bouchés par des pellicules de cire. Les cellules de bordure ont des parois très épaisses, fortement cutinisées, ne laissant au centre qu'un lumen étroit, cylindrique. Les cellules annexes sont divisées par une anticline oblique.

Le parenchyme cortical est formé par trois assises de cellules palissadiques cinq fois plus longues que larges, deux assises de cellules polygonales sans méats, reposant sur un endoderme amylofère formé d'éléments allongés tangentiellement. Quelques cellules du parenchyme sont tannifères, leurs parois sont fortement incrustées d'oxalate de calcium, et leurs cavités riches en cristaux rhomboédriques du même sel. Le stéréome cortical est formé par des paquets de deux à huit fibres hypodermiques, un dans chaque côte, et quelques faisceaux de deux à trois éléments répartis dans la région interne de l'écorce. La paroi externe de toutes ces fibres, qui ne prennent

pas les colorants du bois, est imprégnée de gomme sé colorant en rouge vif par le rouge de *Cassella* du réactif de Lutz, et incrustée d'oxalate.

Le péricycle est formé d'une assise parenchymateuse interrompue par des arcs fibreux vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux. Ceux-ci sont au nombre de huit (deux paires de grands, opposées, et deux paires de petits, opposées). La moelle, formée de grands éléments réguliers, isodiamétriques, laissant entre eux des méats, riche en tannin dans toute sa portion centrale, est entourée par quelques fibres à lumière large.

Dans les tiges âgées de deux ans, un phellogène s'établit dans l'assise corticale précédant l'endoderme, produit un phelloderme formé de grandes cellules arrondies et de fibres, et un liège formé de cellules à parois épaisses. Une deuxième assise subéro-phellodermique s'installe un peu plus tard dans le péricycle, produisant un liège à parois plus minces, et un phelloderme plus important.

2° Des coupes comparables effectuées dans des tiges jeunes provenant des *rochers calcaires ombragés des gorges du Guergour* (altitude 800 m.) diffèrent des précédentes par une cuticule de faible épaisseur, mais les papilles existent toujours, quoique moins proéminentes, au sommet des côtes. Les cellules épidermiques renferment quelques grains de chlorophylle. L'écorce a la même structure, mais les cellules palissadiques sont à peine plus longues que larges ; le stéréome est disposé de la même façon, mais les fibres sont moins nombreuses, les incrustations d'oxalate de calcium sont moins

abondantes, mais il y a toujours des tablettes rhomboédriques dans les cavités cellulaires. (Fig. 19.)



FIG. 19. — Epiderme de la tige avec stomate (cellules annexes divisées). Cristaux d'oxalate dans les cavités cellulaires. ($\times 120$).

La moelle, formée de grandes cellules à parois très minces, cellulósiques, renferme quelques rares fibres à la périphérie. Dans les tiges âgées de quatre ans, un phellogène produisant du liège formé d'éléments à parois très minces, sinueuses, s'établit dans la cinquième assise corticale.

3° Des rameaux provenant des *rochers gréseux d'Ourika*, près d'Anfgein (*Grand Atlas*, altitude 2400 m.) ont un épiderme souvent double, à cuticule très épaisse, présentant des papilles surtout développées sur les côtes. Les puits cuticulaires, très profonds, sont comblés pendant les périodes de sécheresse par de la cire. Il y a 45 à 50 côtes renfermant chacune un faisceau de 10 à 30 fibres hypodermiques, disposées tantôt sur une seule file, tantôt sur deux ou trois, et arrivant le plus souvent jusqu'à l'endoderme. Quelques fibres isolées ou par groupes de deux ou trois circulent parmi les deux assises de cellules polygonales sous-jacentes aux trois palissades. Certaines cellules endodermiques sont tannifères, les autres amylières.

De chacun des huit pointements de protoxylème (vaisseaux annelés et spiralés) partent en général deux lames ligneuses formées d'éléments de plus en plus volumineux, entourés par une zone discontinue de fibres pérимédullaires à cavité irrégulière. Le reste de la moelle est formé de grandes cellules fortement ponctuées, tannifères.

Un premier périderme s'établit, dans les tiges de deux ans, dans la cinquième assise corticale, un deuxième dans le péricycle des tiges de trois ans. Le bois secondaire présente, comme chez tous les *E. nebrodensis* une séparation nette en bois de printemps et bois d'automne. La moelle, à grands éléments cellulotiques, renferme, à la périphérie, quelques fibres, et, vis-à-vis les pôles de différenciation ligneux, des taches de cellules lignifiées simulant un bois centripète. Sa partie centrale est tannifère.

4° Les rameaux provenant de la *Basse vallée d'Ourika* (rochers gréseux, altitude 1000 m.) sont recouverts par un épiderme formé de cellules plus grandes que dans l'échantillon précédant. Il y a seulement une trentaine de côtes, renfermant chacune deux à quinze fibres. Quelques fibres isolées circulent dans les deux assises corticales profondes ; les trois assises palissadiques sont formées d'éléments à peine plus longs que larges. La moelle, entièrement cellulotique, possède quelques rares fibres à la périphérie.

Les phellogènes s'établissent toujours dans les mêmes assises, mais dans les tiges âgées de quatre ans seulement, sous forme de zones d'abord discontinues qui ne tardent pas à se rejoindre.

B. var. *suggarica* Maire.

Tous les échantillons étudiés proviennent de *terrains siliceux du Hoggar* (granites, phonolites) situés entre 2100 et 2900 m. d'altitude.

Des coupes de jeunes rameaux d'*Ephedra* des *lits sableux-graveleux de l'Oued Tazouleli* (2100 m.), *des rochers granitiques le long de l'Oued Tarouda* (2100 m.) et à *Tihentekart* (2100 m.) présentent une cuticule ayant à peu près la moitié de l'épaisseur des cellules stomatiques ; l'épiderme est papillifère et recouvert de cire dans les sillons. Les cellules annexes des stomates n'ont pas d'anticline oblique. Les chambres sous-stomatiques sont grandes, et communiquent avec des canaux d'aération situés entre les palissades ; les méats des assises profondes de l'écorce sont bien développés. La présence de ces espaces est d'ailleurs en rapport avec la *nature siliceuse du sol, qui détermine une structure légèrement hygrophylite, tandis que la nature calcaire du sol détermine une structure fortement xérophytique ainsi que nous l'avons montré pour les autres espèces d'Ephedra de l'Afrique du Nord*. Le tissu de soutien est formé par vingt paquets de fibres hypodermiques, quelques cordons mésocorticaux, des arcs fibreux vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux. Il n'y a pas de fibres médullaires. Les faisceaux libéro-ligneux sont au nombre de huit.

Les échantillons du *Mont Tahat* (2400-2900 m.), du *Mont Amezzeroni* (2600 m.) diffèrent des précédents par une cuticule plus épaisse, des stomates plus nombreux, des cellules palissadiques (trois assises, comme dans les

échantillons précédents) deux fois et demi plus longues que larges, alors qu'aux altitudes de 2100 m. elles sont une fois et demi à deux fois plus longues que larges. Le stéréome cortical est plus développé, il n'y a pas non plus de fibres dans la moelle.

Dans les deux cas, les phellogènes s'établissent, le premier dans la 5^e assise corticale, le deuxième dans le péricycle, le troisième dans la première assise du liber, produisant un liège d'autant moins différencié, un phelloderme d'autant plus développé qu'ils s'enfoncent plus profondément.

Dans les deux séries d'échantillons, l'épiderme interne de la gaine foliaire est formé de cellules deux à trois fois plus larges que celles de l'épiderme dorsal. La gaine est doublée intérieurement par une assise continue de fibres. Il n'y a pas de palissades, le mésophylle est homogène.

C. var. *procerca* Fischer et Meyer.

[Grèce. Macédoine. Caucase. Perse. Afganistan. Turkestan. Bélutschistan. Arménie. Himalaya.]

Cette variété diffère de l'*Ephedra nebrodensis* Tineo (= *E. major* Host.) var. *Villarsii* parce que son épiderme est toujours simple. Les cellules annexes des stomates ne présentent pas d'antioline oblique. Il y a dix faisceaux libéro-ligneux (deux paires de grands, opposées, deux groupes de trois petits également opposés). Il y a des gouttelettes grasses dans les cellules épidermiques et dans beaucoup de cellules parenchymateuses corticales.

Ephedra equisetina Bge.

[Turkestan. Altaï. Mongolie.]

La structure de l'écorce des rameaux jeunes est exactement la même que chez l'*E. nebrodensis* var. *Villarsii*, mais les papilles sont moins nombreuses et les sillons renferment des granulations de cire. Beaucoup de cellules épidermiques contiennent une grosse gouttelette huileuse. Il y a dix faisceaux libéro-ligneux : deux paires de grands, opposées, et deux groupes de trois petits, également opposés. Le protoxylème est formé de vaisseaux réticulés. Le métaxylème renferme surtout des trachéides à ponctuations aréolées, présentant parfois deux rangs de ponctuations. Le xylème secondaire renferme de larges vaisseaux à cloisons obliques fortement perforées. La moelle, à grands éléments cellulotiques, ne renferme pas de fibres. Elle est riche en cellules à tanin. Très souvent, elle présente, vis-à-vis les pôles de différenciation ligneux, des éléments lignifiés, simulant un bois centripète, mais qui, en coupe longitudinale, ne sont que des cellules à peu près cubiques, à parois imprégnées de lignine.

Les formations péridermiques se présentent comme chez l'*E. nebrodensis* var. *Villarsii*, mais sont généralement anastomosées.

Les feuilles (3 mm. de long, engainantes sur 2 mm) ont la même structure que chez l'*E. distachya*.

Tribu VII. — **Antisyphiliticae** Stapf.

Ephedra nevadensis Wats.

[Nevada. Utah. Mexique. Californie. Arizona.]

Les cellules épidermiques, simples, tannifères, sont entourées par une membrane cellulosique épaisse, surtout sur leur face externe, où elle est recouverte par une couche fortement cutinisée, très papillifère. La cuticule ne renferme pas de couche oxalifère. Elle est recouverte par de fines pellicules de cire, surtout abondantes dans les sillons, où cette substance bouche plus ou moins les puits cuticulaires des stomates, disposés par files simples ou doubles. Les cellules de garde ont des parois épaisses fortement cutinisées.

Il y a 40 à 50 côtes bien marquées, renfermant des paquets de 3 à 5 fibres, à lumière large. Quelques fibres semblables sont réparties dans les deux assises de cellules isodiamétriques, non méatifères, sous-jacentes aux trois palissades. Les cellules endodermiques et la plupart des cellules palissadiques sont remplies de tanins. Il n'y a pas d'incrustations d'oxalate dans les parois cellulaires, ni de cristaux libres dans les cavités.

Les faisceaux libéro-ligneux (trois paires de grands, trois groupes de trois petits alternant, ou deux paires de grands, opposées, deux groupes de trois petits opposés) sont fréquemment réunis par des éléments de transfusion finement réticulés.

La moelle, à grands éléments méatifères, parfois ponctués, lignifiée, ne renferme pas de fibres ; elle contient de nombreuses cellules à tanin.

Un périderme sous-épidermique s'établit dans les tiges de trois ans, le liège est formé d'éléments à parois épaisses, fortement subérisées ; il n'y a pas de phello-derme.

Les feuilles (1 cm. de long, engainantes sur 2 mm.) sont tantôt par verticilles de deux, tantôt par verticilles de trois. Les cellules bordant la pointe du limbe s'allongent en grandes papilles. Le parenchyme foliaire est entièrement homogène, sans fibres. Au niveau de la gaine, il y a des stomates sur la face extérieure seulement. Dans le limbe, qui est parfois horizontal, il y en a sur les deux faces. Les épidermes sont fortement cutinisés, comme ceux de la tige, et tannifères ainsi que le parenchyme de la base de la gaine. (Fig. 20.)

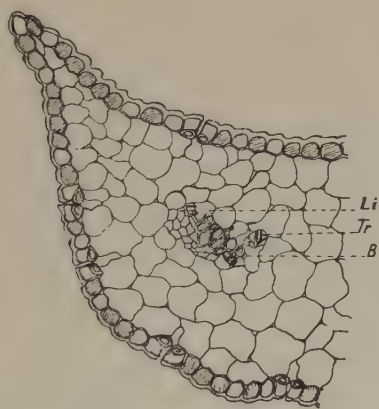


FIG. 20. — Feuille, coupe au milieu du limbe. Li=liber.
B=bois. Tr=trachéides de transfusion ($\times 100$).

Ephedra antisiphilitica Berl.

[Mexique. Texas. Nouveau Mexique.]

Tige jeune : L'épiderme simple, fortement papillifère présente, entre la couche cellulosique et la couche cutinisée de la cuticule, une couche oxalifère. Beaucoup de ses cellules renferment une gouttelette huileuse, les autres du tanin. Les stomates, cutinisés, s'ouvrent dans de vastes chambres sous-stomatiques. Il y a trois palissades quatre fois plus longues que larges et deux assises de cellules polygonales. Tout le parenchyme cortical est tannifère, prenant une coloration jaune avec le réactif de BRAEMER. Le stéréome cortical comprend dix paquets de fibres hypodermiques logés dans chacune des côtes et quelques fibres isolées ou groupées dans le parenchyme cortical profond.

Le péricycle présente des arcs fibreux importants vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux, au nombre de huit. La moelle formée de grands éléments à parois minces, ponctués, remplis de tannins, est entourée de fibres.

Les feuilles (3 mm. de long, engainantes sur 1 mm.) sont généralement opposées, décussées, parfois par verticilles de trois et même de quatre. Les cellules du bord du limbe sont allongées en poils. La structure est exactement la même que chez l'*E. nevadensis*, ainsi que la localisation du tanin.

Tige âgée : Dans les tiges âgées de deux ans, un premier phellogène se forme dans l'assise sous-épidermique (ne produisant pas de phelloderme); il se raccorde fréquemment avec un deuxième qui s'établit l'année sui-

vante dans le péricycle, lequel se raccorde par endroits avec un troisième prenant naissance dans l'assise la plus externe du liber. Les *phellodermes* sont d'autant mieux différenciés qu'ils proviennent de *phellogènes* plus profonds, les assises subéreuses d'autant mieux différenciées qu'elles proviennent de *phellogènes* plus superficiels.

Les trachéides formées en été et en automne sont très étroites et à parois épaisses, ce qui permet de discerner les zones d'accroissement, les vaisseaux étant répartis de façon tout à fait irrégulière. Le bois secondaire (de même que le bois primaire) est très riche en composés pectiques. Les pointements de bois primaires sont entourés par une zone continue de une à quatre assises de fibres pérимédullaires, lignifiées, à parois externes imprégnées de composés pectosiques.

Ephedra americana Humb. et Bonpl. = *E. andina* Poëpp.

[Ecuador. Pérou. Bolivie. Argentine. Chili.]

A. Var. *Humboldtii* Stapf.

Tige jeune : L'épiderme, simple, tannifère, présente une ou deux grosses papilles au sommet des côtes. Celles-ci renferment chacune un paquet de dix à vingt-cinq fibres. Il y a en outre quelques faisceaux fibreux interrompant les deux assises de parenchyme homogène sous-jacentes aux trois palissades. Chaque sillon renferme une à trois files de stomates dont les chambres sous-stomatiques sont spacieuses. Le péricycle est fibreux et renferme des plages irrégulières de deux à trois assi-

ses de fibres. Il y a dix faisceaux libéro-ligneux, dont le métaxylème se bifurque en V.

La zone pérимédullaire est lignifiée sur quatre de ses assises, formées de grands éléments ponctués et renfermant quelques fibres. La partie centrale, avec de grandes cellules méatiformes, renferme du tanin.

Les feuilles sont tantôt linéaires (2 cm. de long sur 1 mm. de large), tantôt longues de 3 mm. et engainantes sur 1 mm. Dans ce dernier cas, les cellules terminales de la pointe du limbe s'allongent en poils. La gaine se fend toujours de très bonne heure. Ces deux sortes de feuilles occupent des positions variées sur un même rameau et sont toujours décussées. Il y a des stomates sur les deux faces, des paquets de 2 à 4 fibres sous l'épiderme ventral, quelques fibres à cavité large dans le mésophylle. Le métaxylème, dans chaque faisceau conducteur, prend la forme d'un V dont la pointe est dirigée vers la face ventrale de la feuille, et dont les branches entourent en partie le liber.

Tige âgée : Un premier périderme se forme dans la 3^e assise corticale des tiges de deux ans, puis un second dans le péricycle ; dans les deux cas le phelloderme est parenchymato-fibreux.

B. Var. *abbreviata* Stapf.

Cette variété diffère de la précédente par ses feuilles. Elles ont 2^m/₅ de long, sont engainantes sur 2 mm. ; les bords du limbe sont dentelés. Les cellules épidermiques sont très allongées tangentiellement, avec des cavités cellulaires concaves vers l'extérieur. Les fibres sont localisées de la même façon que dans la variété précédente,

mais beaucoup plus nombreuses contre l'épiderme interne de la gaine ; de plus leur cavité est très large et irrégulière. (Fig. 21.)

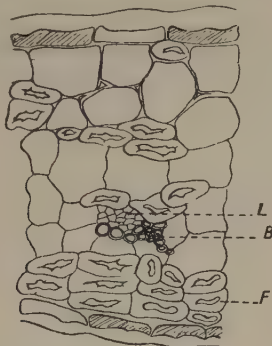


FIG. 21. — Feuille, coupe au milieu du limbe. L=liber.
B=bois. F=fibres. ($\times 120$). (1)

Ephedra Twediana C. A. Meyer.

[Uruguay. Argentine.]

Tige jeune : La tige est fortement costulée et recouverte par un épiderme présentant une papille bien développée au sommet de certaines côtes seulement, et quelques cellules tannifères. Il y a 15 à 20 côtes bien marquées renfermant chacune un faisceau de 3 à 5 fibres cellulosiques ; quelques fibres lignifiées se trouvent, isolées ou par groupes de deux à cinq dans le parenchyme homogène sous-jacent aux trois palissades. Celles-ci sont très nettes seulement dans les côtes.

Le péricycle est presque entièrement fibreux : Vis-à-vis les faisceaux libéro-ligneux il présente des arcs de

(1) Cette figure doit subir une rotation de 180° autour de sa base.

deux à trois assises de fibres ; ailleurs, une seule assise interrompue par endroit par une ou deux scléréides.

Il y a huit faisceaux libéro-ligneux dont les éléments du métaxylème sont nettement disposés en V.

La moelle est formée de cellules à parois très épaisses, fortement canaliculées, lignifiée dans ses cinq assises périphériques qui contiennent en outre quelques fibres à canal très étroit.

Les feuilles, opposées, faiblement engainantes ont 6 mm. de long et renferment des fibres sous leur épiderme ventral et quelques-unes dans leur parenchyme. La base de la gaine est riche en tanin.

Tige âgée : Dans les tiges de deux ans, un phellogène s'établit dans l'assise la plus externe du liber, produisant un liège formé de cellules minces, à parois sinueuses, et un phelloderme abondant fibro-parenchymateux.

Ephedra triandra Tul.

[Bolivie. Brésil. Uruguay. Argentine.]

Tige jeune : La tige présente quinze côtes très marquées renfermant chacune un faisceau de 5 à 10 fibres ; quelques sclérites sont groupées en paquets moins importants dans la partie profonde du parenchyme cortical. L'épiderme, simple, avec quelques cellules à tanin présente quelques rares papilles. Il y a une à cinq rangées de stomates entre les îlots fibreux hypodermiques. Les trois palissades sont surtout nettes, dans les côtes. Au-dessous se trouvent deux assises de cellules isodiamétriques dont quelques-unes sont tannifères. Le péricycle est fibreux. Il y a dix faisceaux libéro-ligneux, dont quelques-uns présentent un protoxylème en V. La

moelle, formée de cellules lignifiées, à parois minces, est entourée par une zone presque continue de fibres à canal large.

Les feuilles, opposées, décussées, ont 4 mm. de long et présentent une abondante garniture fibreuse contre l'épiderme interne de la gaine.

Tige âgée : Un phellogène se forme dans l'assise la plus externe du liber, donnant un liège peu différencié et un phelloderme entièrement fibreux.

Ephedra ochreate Miers.

[Argentine.]

Tige jeune : L'épiderme, simple, tannifère, a des parois cellulósiques fortement épaissies sur la face externe. La couche oxalifère est très épaisse, la couche cutinisée beaucoup moins, sauf au-dessus des paquets de fibres hypodermiques où elle forme une papille qui d'ailleurs n'existe plus dans les tiges âgées. Le rameau ne présente pas de costulation. Le stéréome cortical est formé par 50 paquets de fibres sous-épidermiques se touchant presque, renfermant chacun une cinquantaine de fibres, et quelques cordons moins importants dans les trois assises de parenchyme homogène sous-jacentes aux quatre palissades. Les fibres, dissociées sous le microscope après macération de 24 heures dans une solution d'acide chromique se présentent sous deux formes : la plupart sont pointues, à canal cylindrique étroit, quelques-unes, comme dans le Juté sont terminées en spatule et leur canal est irrégulier. Tout le parenchyme cortical renferme du tanin et des cristaux rhomboédriques d'oxalate de calcium.

Il y a quinze faisceaux libéro-ligneux. La moëlle, formée de grands éléments à parois minces, ponctuées, méatifières est lignifiée sur ses quatre assises externes renfermant quelques fibres et contient du tanin dans sa partie centrale.

Les feuilles ont 1 cm. 5 de long, elles sont engainantes sur 2 à 3 mm., toujours par verticilles de 3 et renferment chacune deux faisceaux libéro-ligneux endarques. Les cellules du bord des trois lobes sont allongées en poils. Sous l'épiderme interne de la gaine, il y a 50 à 60 paquets de fibres renfermant chacun 5 à 10 éléments provenant de la tige. Quelques groupes moins volumineux interrompent le parenchyme homogène de la gaine. Toutes sont terminées en pointe, et colorées par le rouge Congo. Les deux épidermes et le parenchyme de la base de la gaine sont tannifères.

Ephedra Dumosa Miers.

[Chili. Argentine.]

Tige jeune : L'épiderme est simple, avec quelques très rares papilles qui disparaissent de très bonne heure. Les stomates, presque au niveau de l'épiderme, sont entourés par deux cellules annexes traversées par une anticline oblique. Les côtes sont à peine indiquées et renferment chacune un paquet de 8 à 15 fibres ; quelques cordons moins volumineux se trouvent dans le parenchyme cortical interne. Les trois assises palissadiques reposent sur deux assises isodiamétriques ; tout le parenchyme cortical est riche en tanin, certaines cellu-

les renferment dans leur cavité quelques cristaux rhomboédriques d'oxalate.

Le protoxylème de chacun des dix faisceaux conducteurs est nettement divergent en V. La partie périphérique de la moelle est formée par une à deux assises de fibres lignifiées, à canal étroit. La partie centrale, formée de cellules à parois minces, cellulósiques, est remplie de tanin.

Tige âgée : Dans les tiges de deux ans un premier phellogène s'établit dans la troisième assise corticale. L'année suivante un deuxième se forme dans l'endoderme, puis un troisième dans le péricycle. Tous trois donnent des phellodermes scléro-parenchymateux, et des lièges d'autant mieux différenciés qu'ils sont plus superficiels. Un quatrième phellogène s'établit la cinquième année dans l'assise la plus externe du liber, donnant une mince couche de liège à peine subérisé et un phelloderme sclérenchymateux.

Les larges rayons médullaires du bois renferment quelques trachéides à ponctuations aréolées, ce qui indique qu'ils se sont formés par agrégation de rayons médullaires unisériés.

La zone périmédullaire est formée de deux à huit assises de fibres, entremêlées de grosses cellules scléreuses, à parois canaliculées.

Ephedra frustillata Miers.

[Argentine.]

L'épiderme est simple, non papillifère, et renferme quelques rares cellules à tanin. Les stomates, presque au

niveau de l'épiderme, ont leur puits cuticulaire généralement bouché par quelques pellicules de cire. Les cellules annexes sont dédoublées par une anticline oblique. Le stéréomé cortical comprend une quinzaine de paquets de deux à dix fibres, à raison d'un par côte, et quelques rares fibres isolées dans le parenchyme cortical. Il y a deux palissades et trois assises isodiamétriques.

Les faisceaux libériens sont recouverts par des arcs fibreux péricycliques. Les 8 faisceaux libéro-ligneux, fréquemment réunis par des trachéides de transfusion, ont un protoxylème dont les éléments sont disposés en V ; ce sont des vaisseaux annelés, spiralés, réticulés ; les trois sortes d'éléments se trouvent fréquemment sur un même hadrocyte.

La moelle, formée de grandes cellules à parois celluloseuses, ne renferme pas de fibres ; toutes les cellules de la région centrale sont tannifères.

Dans les tiges âgées, les formations subéro-phellodermiques sont semblables à celles de l'espèce précédente. De plus il arrive souvent que des cordons de fibres corticales soient entourés par un anneau de liège ; des phellogènes discontinus se forment dans l'épiderme sur une faible longueur, puis s'enfoncent sous les faisceaux fibreux hypodermiques, qui sont ensuite rejetés suivant des zones de faible étendue ; parfois, le phellogène fonctionne tout autour d'un cordon fibreux, qui se trouve enfoncé plus ou moins profondément dans l'écorce.

Les Ephedra en Afrique du Nord (1)

Ephedra alata Dec. var. *alenda* Stapf.

MAROC :

Oasis de Figuig, dans le sable.

Lit sableux de l'Oued el Hatich, au Nord de Figuig.

Dunes de sable du Souf.

Plaine de reg au pied Sud du Djebel Grouz.

ALGÉRIE :

Ben Zireg (800 m.) avec *Astragalus*.

Dunes de sable de l'Oued Douis, sur la rive gauche, au Sud d'Arba el Tatani.

Bou Aïech ; Oued el Matir.

Au Sud du Djebel M'zi, dans la grande plaine occupée par la steppe désertique à *Retama retam*, *Haloxylon*, *Lau-naea arborescens*, *Zilla*, etc.

Oued Gharbi, dans les Tamarinaies des dunes de sable du lit du fleuve, où ils peuvent atteindre jusqu'à 3 m. de haut.

R'dir el Habschi (dépression de petite taille où les eaux de ruissellement s'accumulent et peuvent persister quelque temps), près de Thair el Habschi.

Oued Seggueur, au Sud de Brézina, dans les Tamarinaies du lit sableux de la rivière.

El Goléa.

(1) Voir R. MAIRE, Contribution à l'étude de la flore de l'Afrique du Nord.

Hammada entre Ouargla et El Goléa.

Hammada Hassi Berghaoui.

Entre Gardaïa et Haa el Abiod.

Oued Ighargar.

Biskra, et dans le lit sableux de l'Oued Djeddi.

M'guebra, dans les sables d'alluvions de l'Oued Itel,
à l'Ouest du Chott Melghrir.

Sur le plateau séparant les vallées de l'Oued Mzab et
de l'Oued en N'sa, et sur le plateau de l'Ergoub el Guer-
rara, dans les alluvions sableuses des Oueds.

De Negouça à Guerrara, dans le lit sableux de l'Oued,
parmi les *Tamarix*. Très abondant à Guerrara, avec
Retama retam, *Astragalus gombo*, *Tamarix articulata*.

Hadjura, sur les nebkas (=dunes).

Temacine.

Entre El Oued et la dune de Ktef.

Fort Lallemand ; Fort Mac Mahon.

D'une façon générale :

1° *Sur les dunes du Sahara septentrional.*

2° *Dans les regs, c'est-à-dire les plaines alluviales plus
ou moins argileuses, caillouteuses du Sahara septen-
trional.*

3° *Dans les dayas du Mzab, parties basses où peuvent
s'accumuler les eaux de pluie et où poussent en particu-
lier les Betoums (*Pistacia atlantica*), les Jujubiers (*Zizi-
phus Lotus*) et les *Tamarix*.*

TUNISIE :

Dans les bandes de terrains relativement fertiles des
étendues sableuses des Gherib ; à Çobria ; très abondant
à Ghedama, dans le sable, au Sud du Chott el Djerid.

Ephedra altissima Desf.

MAROC :

Juniperetum phœnicea de Goundafa (1200 m.), dans le Telet n'Yakoub, Grand Atlas.

Clairières calcaires des forêts d'*Argania* d'Agadir n'Ighir (Cap Ghir) 0 à 100 m.

Aïn Tildi (Sud d'Agadir).

Vallée de l'Oued N'Fis, près Agadir.

Granites et porphyres de Mesfiousa (900-1000 m.), près Souk el Tleta.

Dans le Tasseroualt.

Granites, porphyres et grés permians de la Basse Vallée d'Ourika (1000 m.).

Rochers calcaires du Djebel Zallagh.

Rochers calcaires des gorges de l'Oued Taza (600 m.).

Grés primaires de Camp Boulhaut, à l'Est de Casa-blanca.

ALGÉRIE :

Parsemés ou localisés dans l'étage moyen du Djebel M'zi (association du *Juniperus phœnicea*).

Grimpant sur les *Olea* du col de Founassa (Sud Oranais).

Saint-André de Mascara, dans les haies.

Djebel Fillaoucen, près Nemours.

Nemours, en buissons dans les haies d'*Opuntia*.

Broussailles et rochers près du Djebel Santo.

Rochers calcaires du Djebel Merdjadjo.

Coteaux de Saint-Denis du Sig.

Environs de Sidi-Bel-Abbès ; dans les broussailles du Djebel Tessalah avec *Pistacia terebenthus* ; dans les broussailles des coteaux de la vallée de la Tenira avec *Anagyris foetida*, *Olea europae*.

Quercetum illicis de l'Oued ghar Rouban (1000 m.), dans les monts de Tlemcen.

M. Tanant, coteaux de Sourlaz (700 m.) avec *Euphorbia resinifera*.

Dahra, à l'Ouest d'Orléansville.

Vallée de l'Oued Zegrir, entre Guerrara et Becheria, sur les bords du R'dir, grimpant sur *Tamarix articulata*.

Biskra (col des Chiens).

Est de Laghouat, dans les Dayas de Métouilat, Oum Khecheba, Oum el Renab, Talla ben Zeguir, Megroumat, Djebel el Guern, Aïssa, Khouiba, El Kerch, avec *Artemisia Herba alba*, *Pistacia atlantica*, *Zizyphus Lotus*.

Hoggar : rochers basaltiques d'Imarèra (2000 m.) ; rochers granitiques de Temmes Lazzendt (2000 m.) ; près de Tit (1300 m.) ; savane désertique à *Acacia scan-dens* de Tin Tkert, dans le Tefedest.

TUNISIE :

Dunes maritimes de La Marsa ; rochers de Takruna ; Hammam Susa ; Djebel Bou Hadid ; Aïn Ogla Beni Smid, au Nord du Chott el Djerid ; île Djerba.

Ephedra fragilis Desf. var. *Desfontainii* Stapf.

MAROC :

Vallée de l'Oued N'Fis, près Agadir.

M. Sous, grèves de l'Oued Massa.

M. Tétouan, dunes de Martine (50 m.).

Tanant.

Marsa Saguira (Rif) 50 m.

Kenitra (Dunes maritimes).

Mogador (Cap Sim) sur *Juniperus phenicea*.

Mogador, dunes maritimes, dans la Callitraie, avec *Argania Spinosa* et *Cytisus albidus*.

Gada de Debdou, dans la Callitraie, sur calcaire, 1250 m.

ALGÉRIE :

Cap Falcon ; Mostaganem.

Djebel Sidi Aabed.

Forêt galerie le long du lit desséché de l'Oued Mekter, parsemé, association du *Pistacia atlantica*.

Djebel Mekter, surplombant au Nord-Ouest la dune d'Aïn Sefra ; étage supérieur, parsemé ou localisé (association du Chêne Ballote).

Aïn l'Arba ; Cherchell ; dunes d'Hussein Dey et de Zéralda ; Guyotville ; Staoueli ; bois humides de la Mitidja.

Versant maritime des collines de la Calle et du Bou Lifa (Constantine) avec *Quercus ilex* et *Pistacia lentiscus*.

TUNISIE :

Djebel bou Kournime ; Porte Farine ; Djebel Iskeul ; Sfax ; Géloa ; île Djerba.

Ephedra Cossoni Stapf.

MAROC :

Plateau gréseux entre Bigoudine et le Tizi Machou (900-1000 m.).

Collines gréseuses d'Asni, dans la Réraya (1200-1400 m.), avec *Colutea arborescens*.

Amater (moyennes altitudes berbères).

Zerekten, dans les clairières sableuses du *Quercetum illicis* (1100-1400 m.).

Rochers gréseux de la basse vallée d'Ourika (900-1000 m.).

Rochers calcaires d'Aïn Yalou (1200 m.), dans le Djebel Grouz.

ALGÉRIE :

Moghrar (800 m.); forêt de *Quercus ilex* du Djebel Touggour, 1300 m., près de Batna.

Ephedra nebrodensis Tineo, var. *Villarsii* Stapf.

MAROC :

Djebel Tistadine (2400 m.).

Rocailles calcaires d'Ari Benidj (2100 m.).

Djebel Tenouchfi (1700-1800 m.).

Gara (=piton) de Midelt (1500 m.), dans les rochers de la Haute-Moulouya, dominant la steppe de *Stipa tenacissima*.

Rochers calcaires près d'Asni, dans la Reraya ; sables près de Tinitine.

Amismiz (2300 m.), dans le *Pinetum halepensis*.

Grès permien (exposés au Sud) d'Ourika, près Anfegein (2100-2400 m.), dans les forêts claires de *Quercus ilex* et *Juniperus thurifera*.

Grès permien et crétacés de la basse vallée d'Ourika (1000 m.), près Aghbalou, avec *Sarothamnus arboreus*.

Rochers gréseux du Djebel Beni Smir (2000 m.), parmi les boisements clairs de *Juniperus phœnicea*.

Rocailles calcaires du Djebel Grouz (1200-1600 m.), avec *Quercus ilex* var. *Ballota*.

ALGÉRIE :

Grès stratifiés jurassiques et crétacés formant les escarpements ruiniformes du Djebel M'zi, entre la steppe d'alfa et la plaine désertique des Oglats. Localisé dans l'étage supérieur caractérisé par l'association du *Quercus ilex* var. *Ballota*.

Djebel Morghad, au Nord-Ouest d'Aïn Sefra, dominant la steppe d'alfa. Dans les rochers gréseux de l'étage supérieur, caractérisé par l'association du Chêne balote.

Mir-el-Djebel, entre la steppe d'alfa au Nord, et la plaine désertique des Oglats, au Sud. Dans le *Quercetum ilicis* de l'étage supérieur.

Djebel Doug (près de Forthassa Gharbia), entre le Chott Tigri et le Djebel Melah. Très abondant dans l'étage moyen, caractérisé par l'association du *Juniperus phœnicea*.

Djebel Antar de Méchéria, arête calcaire, dominant à l'Ouest et à l'Est de vastes steppes à *Stipa tenacissima*. Parsemé ou localisé dans l'étage moyen, caractérisé par l'association du *Juniperus phœnicea*.

Boisements clairs de *Juniperus phœnicea* du Djebel Taëlbouna, dans les rochers gréseux (1600 m.) à l'Est du Djebel Aïcha.

Calcaires du Djebel Bou Khachba, parmi les boise-

ments clairs de *Juniperus phœnicea*, avec *Stippa tenacissima*.

Oued le Kreider (800-900 m.), près du Chott Chergui.

Oued Djebel Béguirat, près Bedeau (1000 m.).

Djebel Sidi Okba, Oued Sebgague, dans le Djebel Amour.

Rochers calcaires du sommet du Djebel Fernane (1660 m.), dans les monts de Bou Saâda.

Rochers calcaires du Djebel Haouas, 1500 m. (Djelfa).

Rochers calcaires escarpés du Gouraya de Bougie (50-600 m.).

Montagne des Aït Ouabane, 1800 m. (Djurjura).

Rochers ombragés des gorges du Guergour (800-900 m.).

Rochers calcaires du col d'El Kantara.

Rochers calcaires des Cédraies du Défilé de Maâfa, 1600-2000 m. (Aurès).

Rochers calcaires de Khenchela, 1900-2000 m. (Aurès).

Rochers gréseux du Djebel Touggour (qui fait partie de la chaîne de montagne des Ouled Sultan à l'Ouest de Batna); à 1100 m. dans le ravin qui déverse les eaux du Djebel Touggour dans la vallée de Batna, avec *Juniperus phœnicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex*; à 2086 m. au point culminant, avec *Cedrus Libani*.

Collines calcaires de Batna, avec *Cytisus balansae*.

Ephedra nebrodensis Tineo var. *suggarica* Maire.

HOGGAR :

Mont Tahat, 2400-2900 m., dans les phonolites des Atakor n'Ahaggar.

Mont Asekrem, 2600-2800 m., sur les phonolites ; sur les roches volcaniques du Mont Amezzzeroui, 2600 m., avec *Stipa parviflora*.

Rochers granitiques le long de l'Oued Tarouda (2100-2200 m.), et à Tihentekart, 2100 m. ; lit sableux-graveleux de l'Oued Tazouleli, 2100 m.

CHAPITRE IV

GNÉTACÉES

Section I. — **Gnemonorphi** Mgf.

Gnetum gnemon L.

[Asie. Cultivé dans l'Inde. Moluques. Malaisie.]

Rameaux longs : Les rameaux longs sont recouverts de bonne heure par une couche de liège d'origine épidermique, formée de cellules régulières à parois épaisses, fortement subérisées. Ce suber est interrompu par des *lenticelles*, qui se sont formées avant son apparition, dans la région nodale, surtout au-dessous de l'insertion des feuilles, au niveau de certains stomates. Les cellules comblantes sont rejetées en éventail de part et d'autre du sillon médian, de sorte qu'il se forme deux bourrelets s'épaississant de plus en plus. Les lenticelles deviennent très grosses et s'allongent fortement suivant l'axe de la tige, par suite de la croissance en longueur des entrenœuds. Le phelloderme lenticellaire est très riche en cristaux monocliniques d'oxalate de calcium.

Le parenchyme cortical est formé d'éléments allongés tangentiellement, bourrés de grains d'amidon. Il renferme quelques fibres cellulósiques, et de nombreuses fibres lignifiées colorées en rouge par la phlorogliciné chlorée et utilisées pour fabriquer des cordes très résistantes. Sur des échantillons frais, cheminant parmi des cellules corticales particulièrement bourrées d'amidon, nous avons observé des *cellules allongées, de diamètre irrégulier, pouvant atteindre de 1 mm. à 1 cm. de longueur, et qui fréquemment se touchent sans jamais s'anastomoser*. Ces laticifères ont un contenu coloré en rouge par la teinture d'Alkanna ; de plus, leur latex, jaune pâle, donne un léger précipité jaune fauve sous l'action du réactif de BRAEMER, ce qui prouve qu'il renferme une certaine proportion de tanin. (Fig. 22.)

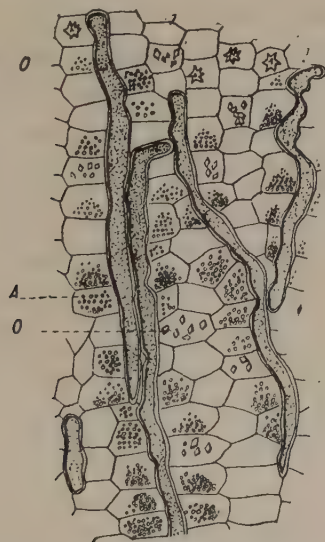


FIG. 22.— Laticifères corticaux, O=oxalate. A=amidon. ($\times 100$).

Le péricycle, formé d'une rangée de cellules scléreuses doublée d'une zone parenchymateuse, envoie des prolongements dans le liber.

Le liber ancien est formé presque uniquement de fibres, il s'écrase plus ou moins contre le parenchyme péricyclique. Les tubes criblés du liber secondaire présentent des cals bien développés sur leurs plaques criblées très obliques, et parfois aussi sur les cribles des parois latérales.

Le bois primaire est formé de trachéides à un ou deux rangs de punctuations aréolées, de vaisseaux spiralés, de vaisseaux larges présentant des cloisons obliques perforées de trous circulaires. Dans le bois secondaire, le parenchyme ligneux à perforations simples est très abondant. Il y a également des fibres avec perforations en forme de fentes ; ces fibres sont cloisonnées et forment passage vers le parenchyme ligneux.

La moelle, lignifiée, ponctuée à la périphérie, cellulosique au centre, se résorbe peu à peu dans cette région en une lacune internodale. Les laticifères sont rares dans l'anneau lignifié, fréquents dans la partie cellulosique, mais bientôt écrasés par la formation de la lacune.

Au nœud, la moelle est tout entière cellulosique, renferme de nombreuses sclérites rameuses (Fig. 23, 23 bis), alors que celles-ci sont plutôt rares dans l'entrenœud. Presque toutes les cellules (de même que celles de l'écorce à ce niveau) renferment un gros oursin d'oxalate de calcium, quelques-unes un ou plusieurs cristaux rhomboédriques. (Fig. 24.)

Les branches horizontales de ce *Gnetum* ont une moelle très excentrique par suite du fort développement

du « bois de tension » sur la face supérieure, du faible développement du « bois de compression » sur la face inférieure, comme chez les « feuillus ». Les lenticelles sont plus nombreuses sur la face inférieure.

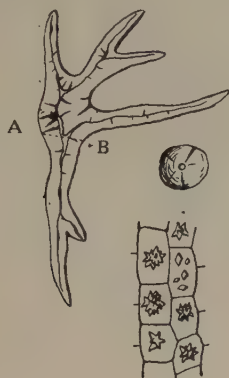


FIG. 23, 23 bis, 24. — Sclérite rameuse et coupe transversale AB. Parenchyme médullaire à oxalate. ($\times 100$).

Rameaux courts : Les rameaux courts présentent de nombreuses lenticelles, ne prenant pas un très grand développement, toujours localisées au sommet des entrenœuds. (Fig. 25). Il y a des laticifères dans l'écorce et dans

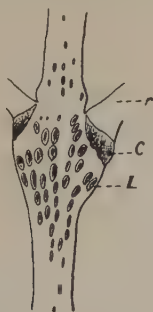


FIG. 25. — Localisation des lenticelles L. C=cicatrice foliaire. r=rameau court. ($\times \frac{1}{2}$).

la partie cellulosique de la moelle (qui d'ailleurs ne tarde pas à se résorber). La moelle, lignifiée à la périphérie renferme dans les entrenœuds quelques sclérites rameuses, qui deviennent très abondantes au nœud, où sont localisés aussi des oursins d'oxalate de calcium, à raison d'une mâcle dans la plupart des cellules médullaires, ainsi que dans celles de l'écorce.

Les *faisceaux gemmaires* des rameaux courts se rendant dans les bourgeons axillaires perdent peu à peu leurs éléments de soutien, et envoient au bourgeon quelques vaisseaux spirales. Il n'y a pas de tubes criblés.

Feuilles (1) : Le pétiole (2) dont la section est cordiforme, renferme sept faisceaux libéro-ligneux, dont le médian se détache le premier de la tige. Ils pénètrent dans le limbe après s'être groupés en un arc entouré d'une gaine scléreuse, et où les faisceaux libéro-ligneux sont encore bien visibles. Dans le pétiole, les fibres, cellulosiques, et à cavité assez large, sont surtout localisées dans la région dorsale, parmi des cellules cristalligènes à oursin d'oxalate. Il y a un peu partout des laticifères à contenu brun clair verdissant par les solutions ferriques.

Les nervures secondaires n'ont pas de gaine scléreuse; elles sont formées par une grosse méristèle, avec, à

(1) Les coupes de mésophylles ont été effectuées au milieu de la 3^e nervure latérale à partir du pétiole.

(2) Les coupes de pétioles ont été faites dans la région centrale. D'ailleurs la structure est sensiblement la même à la base qu'au sommet.

droite et à gauche, un très petit faisceau libéro-ligneux formé de quelques éléments seulement. (Fig. 26.)

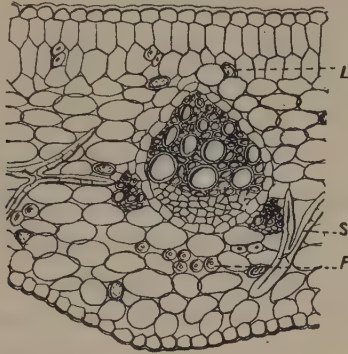


FIG. 26. — Mésophylle. L=Laticifère. S=sclérite raméuse.
F=fibres. ($\times 120$).

Le chlorenchyme comprend une à deux palissades reposant sur un parenchyme formé de cellules aplaties tangentiellement, ovales ou rectangulaires parmi lesquelles circulent quelques fibres, quelques sclérites rameuses, et surtout de nombreux laticifères. Les feuilles sont consommées comme légumes à Java.

Gnetum Brunonianum Griff.

[Malaisie Ouest. Inde.]

Feuilles : Les feuilles, très minces, sont fixées à la tige par un pétiole renfermant cinq faisceaux libéro-ligneux non entourés par une gaine scléreuse. Tous passent dans la feuille en conservant la même structure. Les *nervures secondaires* renferment un seul faisceau libéro-ligneux entouré par un péricycle formé d'une assise parenchymateuse, comme chez le *Gnetum Gnepon*. Les fibres

sont rares. Le chlorenchyme comprend une assise palissadique reposant sur deux à trois assises de parenchyme lacuneux, riches en chlorophylle.

Gnetum costatum K. Sch.

[Nouvelle Guinée.]

Rameaux longs : L'épiderme est papillifère, alors que dans les deux premières espèces, il est lisse. Les stomates sont légèrement enfoncés sous l'épiderme. Les fibres, lignifiées, sont surtout nombreuses à la périphérie de l'écorce. Le péricycle est formé d'une seule rangée de cellules parenchymateuses, allongées tangentiellement, avec ça et là une grosse cellule scléreuse ; cette assise, doublée par trois assises de cellules à parois minces se sclérifie entièrement dans les tiges âgées.

La partie externe du liber renferme quelques fibres cellulósiques ; les fibres radiales de liber jeune sont séparées par endroit par une ou plusieurs rangées de cellules albumineuses.

Le protoxylème est formé de vaisseaux spirals dans les entrenœuds, réticulés ou rayés au niveau des nœuds, avec partout quelques trachéides. Le métaxylème renferme en outre des vaisseaux à cloisons obliques perforées par plusieurs perforations simples. Dans le bois secondaire, ces perforations se résolvent en une seule, de forme très variable, généralement irrégulière.

La moelle est lignifiée à la périphérie, cellulósique au centre.

Rameaux courts : Ils sont finement costulés, présentent un épiderme très papillifère. Le stéréome cortical est peu abondant. Les 25 faisceaux libéro-ligneux sont

entourés par un péricycle semblable à celui des rameaux longs. La moelle est de bonne heure fistuleuse.

Feuilles : Le pétiole, très fortement canaliculé sur sa face ventrale, renferme cinq faisceaux libéro-ligneux, pénétrant tous dans le limbe, où ils se terminent à des niveaux variables (le médian arrivant jusqu'à l'extrémité) par quelques éléments de transfusion. Il y a quelques rares fibres à la partie inférieure du pétiole, et un oursin dans presque toutes les cellules. Les *nervures secondaires renferment un faisceau libéro-ligneux entouré, comme dans le pétiole, par une assise de cellules à parois minces.*

L'épiderme supérieur du limbe présente des stomates seulement le long de la nervure médiane. Les cellules de garde, d'abord enfoncées sous les cellules annexes, sont au même niveau dans les feuilles âgées. Il en est de même pour l'épiderme inférieur, où les stomates sont très nombreux et orientés de façon tout à fait variable.

Il y a une seule palissade reposant sur un parenchyme plus ou moins rameux renfermant peu de fibres.

Les laticifères, rares dans l'écorce de la tige, sont assez nombreux dans le pétiole et dans le limbe, répartis un peu partout. Le contenu brun de ces cellules donne, sous l'action d'une solution aqueuse d'acétate de fer à 20% un précipité bleu foncé, ce qui indique que ce latex est riche en tanin ou en glucosides.

Gnetum africanum Welw.

[de l'Angola au Cameroun.]

Rameaux longs : Le bois secondaire, décrit par A. V. DUTHIE (1912) est réduit à un seul anneau ; *mais nous*

avons observé la formation d'un début de zone anormale dans une tige plus âgée, et, fréquemment, des groupes de fibres complètement entourés par des tubes de liège d'origine épidermique et s'enfonçant plus ou moins profondément dans l'écorce.

Rameaux courts : L'écorce de ces rameaux renferme de nombreuses fibres toutes cellulosiques et de nombreux laticifères.

Le péricycle est formé d'un anneau de grosses sclérides lignifiées, fortement canaliculées, et de deux assises parenchymateuses renfermant quelques laticifères. Ces éléments, formés tantôt par une cellule allongée, de diamètre irrégulier, tantôt par des files de cellules, sont assez fréquents dans le liber.

Des cellules albumineuses sont disposées en files radiales simples ou doubles entre les tubes criblés du liber jeune. Ces éléments sont plus ou moins écrasés dans le kératenchyme.

Le protoxylème est formé de vaisseaux annelés et spiralés dans les entrenœuds, rayés ou réticulés dans les nœuds.

Le parenchyme ligneux est du même type que celui des *Ephedra* : constitué par des cellules ayant la forme des trachéides, mais qui en diffèrent par leurs perforations simples.

La moelle, lignifiée, ponctuée à la périphérie, cellulosique et lacuneuse au centre, renferme un peu partout des cellules allongées, à terminaison obtuse, remplies d'un latex riche en grains d'amidon.

Feuilles : Le pétiole renferme quatre faisceaux libéro-ligneux entourés chacun par la zone parenchymateuse

et la gaine de scléréides et de fibres du péricycle, gaine protectrice surtout développée du côté dorsal. Il y a quelques fibres cellulósiques à cavité large, d'assez nombreux oursins et quelques laticifères, qui deviennent rares dans le limbe, où ils sont généralement localisés au voisinage des faisceaux conducteurs.

Les *nervures secondaires* sont formées d'un faisceau libéro-ligneux entouré d'une gaine de scléréides. Il y a une seule palissade reposant sur un parenchyme très rameux, pauvre en fibres et renfermant quelques sclérites rameux. (Fig. 27.)

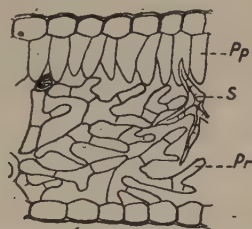


FIG. 27. — Mésophylle. S=sclérite rameuse. Pr=parenchyme rameux. Pp=parenchyme palissadique. ($\times 120$).

Gnetum Bucholzianum Engl.

[Cameroun.]

Rameaux longs : L'épiderme est papillifère. Certains stomatès, situés au-dessous des insertions foliaires, donnent naissance à des *lenticelles* de petites dimensions, encastées dans l'épiderme, et qui avortent de bonne heure.

L'écorce, peu épaisse, renferme d'abondantes fibres toutes cellulósiques et des laticifères, surtout à la périphérie.

Le péricycle est formé d'un anneau de grosses cellules scléreuses, doublé de deux assises parenchymateuses, contre lesquelles vient s'écraser le liber primaire, parfois séparé du liber secondaire par une lacune. Les éléments du liber secondaire sont en rangées radiales régulières, séparées par des files de cellules albumineuses, riches en petits cristaux d'oxalate de calcium.

Le bois renferme de larges vaisseaux, ce qui est en rapport avec la nature lianoïde de la plante.

La moelle contient des laticifères dans sa zone périphérique lignifiée et surtout dans sa partie centrale, cellulosique, qui se résorbe peu à peu pour faire place à une lacune internodale, écrasant plus ou moins les files de cellules à latex.

Rameaux courts : Ils ont la même structure que ceux du *G. africanum*.

Feuilles : Le pétiole renferme quatre petits faisceaux libéro-ligneux qui pénètrent tous dans le limbe. Ils sont entourés par une assise parenchymateuse et présentent quelques fibres cellulosiques le long de leur face dorsale.

De nombreux laticifères courts, formés par des files de deux à cinq cellules sont répartis de façon tout à fait irrégulière dans le parenchyme pétioleaire, qui renferme aussi quelques cellules cristalligènes à oursin d'oxalate de calcium.

L'épiderme supérieur du limbe, présentant des stomates au niveau de la nervure médiane, repose sur une seule assise de palissades, puis viennent deux à trois assises de parenchyme très rameux, et enfin, sur l'épiderme inférieur, une couche de cellules arrondies séparées par des lacunes. Quelques fibres très courtes et quel-

ques sclérites circulent dans le limbe. Les nervures secondaires, au voisinage desquelles sont localisés les laticifères, renferment un seul faisceau conducteur entouré d'une assise parenchymateuse. (Fig. 28.)

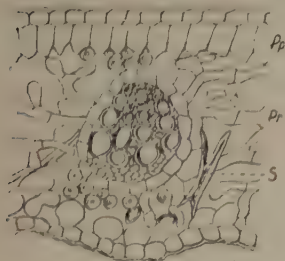


FIG. 28. — Mésophylle. Pp=parenchyme palissadique. Pr=parenchyme rameux. S=sclérite rameuse. ($\times 120$).

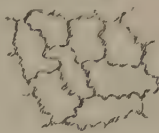


FIG. 29. — Epiderme ventral. ($\times 240$).

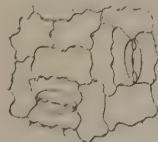


FIG. 30. — Epiderme dorsal, avec stomates. ($\times 240$).

Gnetum Thoa R. Br.

[Guyane.]

Rameaux longs : L'épiderme fait place de bonne heure à une mince couche de liège d'origine épidermique, interrompue par des lenticelles, uniquement au sommet des entrenœuds.

L'écorce renferme de nombreuses et minces fibres cellulosiques se terminant en pointe à des niveaux variables. Les laticifères du parenchyme cortical sont toujours entourés de files de cellules fortement amylières.

Le péri-cycle, formé de deux à trois assises de scléréides lignifiées, canaliculées, envoie des prolongements dans la stèle. Certaines parties de ces prolongements, restées en place après l'accroissement en épaisseur, se retrouvent, séparées du péri-cycle, à des profondeurs

variables dans les rayons médullaires du bois. La zone parenchymateuse du péricycle renferme quelques laticifères formés, comme ceux de toutes les parties aériennes, par de *longues cellules présentant par endroit des renflements*.

Le liber ancien, écrasé, ne renferme pas de fibres. Les tubes criblés du liber secondaire ont des plaques criblées sur leurs parois terminales obliques et sur leurs parois latérales.

Les trachéides renferment un à deux rangs de ponctuations. Les vaisseaux des tiges jeunes ont dans les entrenœuds, un seul cercle de perforations (dont les parois de certaines ne sont pas résorbées), deux au niveau des nœuds ; dans les tiges âgées, plusieurs de ces perforations confluent en une grande, généralement ovale, puis, toutes finissant par se réunir, et s'agrandissant, la cloison transversale est finalement percée d'un gros trou. Le parenchyme ligneux, à ponctuations simples, forme de longs faisceaux séparant les trachéides. Quelques fibres ligneuses, avec des ponctuations en forme de fente très courte, par suite d'un écartement plus ou moins considérable, produisent dans le bois de *longues lacunes*, bien visibles sur les coupes longitudinales. Le protoxylème renferme des vaisseaux spirales passant à des vaisseaux réticulés. Il y a des rayons médullaires unisériés et multisériés, lignifiés du côté de la moelle, cellulósiques du côté de l'écorce, et renfermant des grains d'amidon.

Après un accroissement secondaire d'abord normal, des *faisceaux surnuméraires* prennent naissance dans le péricycle parenchymateux.

La moelle, lignifiée à la périphérie, cellulosique au centre, se résorbe de bonne heure en une lacune internodale, et renferme quelques *laticifères très longs dont certains peuvent atteindre toute la longueur de l'entrenœud*.

Feuilles : Le pétiole renferme sept faisceaux libéro-ligneux entourés par une gaine de scléréides seulement après leur entrée dans le limbe, de sorte que la nervure principale est protégée par ces cellules. Nous avons observé, ainsi que A. DE BARY (1884) que les traces de chaque paire de feuilles descendent à travers deux entrenœuds, et s'anastomosent alors, au nœud, avec les traces foliaires de la paire immédiatement inférieure (DE BARY attire l'attention sur la ressemblance entre ce système de traces foliaires et celui de plusieurs Ombellifères).

Les nervures secondaires renferment *une grosse méristèle entourée par une assise de cellules scléreuses perforées*, à parois pas très épaisses, lignifiées, et, *de chaque côté, un petit faisceau libéro-ligneux*.

Il y a quatre palissades reposant sur deux assises de parenchyme rameux, quelques fibres cellulosiques, surtout au niveau des nervures, quelques rares sclérites rameuses lignifiées, et de nombreux laticifères répartis de façon irrégulière.

Gnetum nodiflorum Brongn.

[Guyane. Brésil.]

Rameaux longs : L'épiderme est très fortement papillifère. Il se forme de bonne heure, dans l'assise sous-

épidermique, une zone subéreuse formée de quatre à cinq assises de liège bien différencié, séparées du reste de l'écorce par un anneau de grosses cellules scléreuses représentant le phelloderme. De nombreuses *lenticelles* sont encastrées dans cette couche subéreuse. (Fig. 31 et 32.)

Le parenchyme cortical renferme quelques fibres lignifiées et des fibres cellulosiques.

Le péricycle est formé d'un anneau de deux à quatre assises de cellules scléreuses, doublé d'une assise parenchymateuse. Il envoie des prolongements séparant le phloème en autant d'îlots

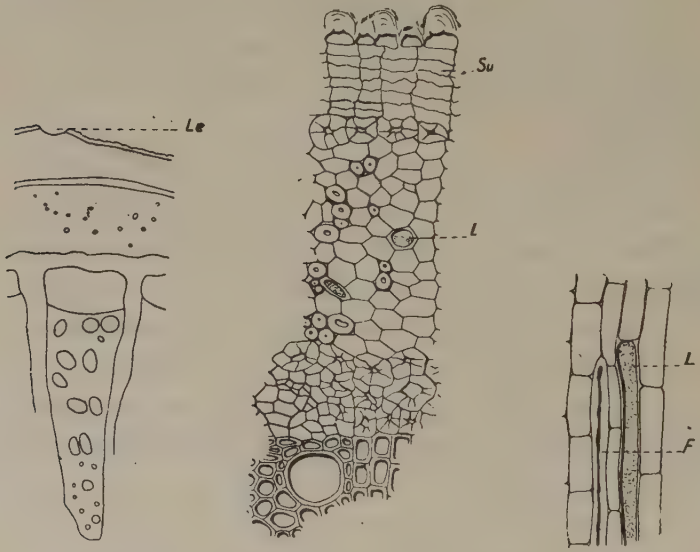


FIG. 31. — Rameau long, coupe transversale.

Le = lenticelle ($\times 50$).

FIG. 32. — Détail de la coupe précédente. Su = suber.

L = laticifère. ($\times 160$).

FIG. 33. — Parenchyme médullaire avec un laticifère L et une fibre F. ($\times 160$).

Le bois secondaire renferme des rayons médullaires larges, homogènes.

La moëlle, lignifiée, ponctuée sur ses quatre à cinq assises externes, est cellulosique et à parois minces au centre, et renferme dans cette région quelques *laticifères*, *cellules allongées*, à *terminaison obtuse*, comme ceux de l'écorce, et quelques fibres. (Fig. 33.)

Feuilles: Le pétiole renferme sept à neuf faisceaux libéro-ligneux, entourés par une gaine scléreuse envoyant des prolongements entre les faisceaux. L'épiderme du pétiole est très papillifère, comme d'ailleurs celui de la tige, et il s'y forme, par endroits, dans les pétioles âgés, de petits îlots de liège. De nombreux laticifères à contenu granuleux, riche en amidon, sont localisés dans les quatre assises externes du pétiole, d'autres au voisinage de la gaine scléreuse dorsale des faisceaux conducteurs, quelques-uns près du protoxylème. Des fibres cellulosiques à parois larges, canaliculées sont nombreuses dans la région dorsale du pétiole ; dans la région ventrale il y a surtout des fibres plus étroites, lignifiées.

Le limbe, à consistance de cuir, et pouvant atteindre jusqu'à 20 cm. de long, est parcouru par une nervure principale ayant la même structure que la méristèle du pétiole. Les nervures secondaires renferment *un seul faisceau libéro-ligneux*, entouré par une gaine épaisse de *sclérides* canaliculées plus ou moins, et de fibres. Ce faisceau se détache du bord du faisceau médian de la nervure principale, conformément au procédé général de ramification des faisceaux monocentres exposé par C. E. BERTRAND (1880) dans sa théorie du faisceau. Le chlorenchyme du limbe est formé de deux assises palis-

sadiques recouvrant un parenchyme très rameux, le tout entremêlé d'un très grand nombre de fibres rameuses, *facilement dissociables à l'acide chromique* ; les extrémités des branches de certaines d'entre elles viennent s'appuyer contre les épidermes. (Fig. 34.)

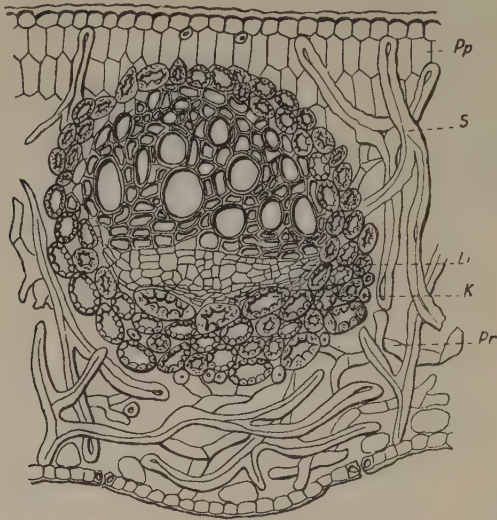


FIG. 34. — Mésophylle. S=sclérite rameuse. Pr=parenchyme rameux. Pp=parenchyme palissadique. Li=liber. K=kératenchyme. ($\times 120$).

Gnetum Schwackeanum Taub.

[Brésil.]

Rameaux longs : La tige s'épaissit à l'aide de plusieurs cercles concentriques de *faisceaux libéro-ligneux* présentant entre eux des *anastomoses*. Les faisceaux conducteurs du cercle le plus interne sont allongés, aplatis, séparés par des rayons médullaires larges, bandes paren-

chymateuses radiales, permettant à la plante de s'accommoder aux torsions qu'elle aura à supporter.

L'assise génératrice péricyclique fonctionne d'abord d'un côté, puis tout autour, de sorte que chaque zone anormale est finalement complète.

Ces tiges sont tout à fait caractéristiques par la présence de très gros laticifères, colorables en rouge par le Sudan III, toujours localisés dans les abondantes formations parenchymateuses enveloppant les faisceaux libéro-ligneux tertiaires. (Fig. 35). Ils se présentent, en coupe transversale, suivant une ligne sinueuse située deux à quatre assises de cellules au-dessus du kératenchyme du premier cercle ligneux. Ces laticifères, en coupe longitudinale, se présentent comme des poches allongées, de forme très irrégulière (Fig. 36), présentant d'abondants

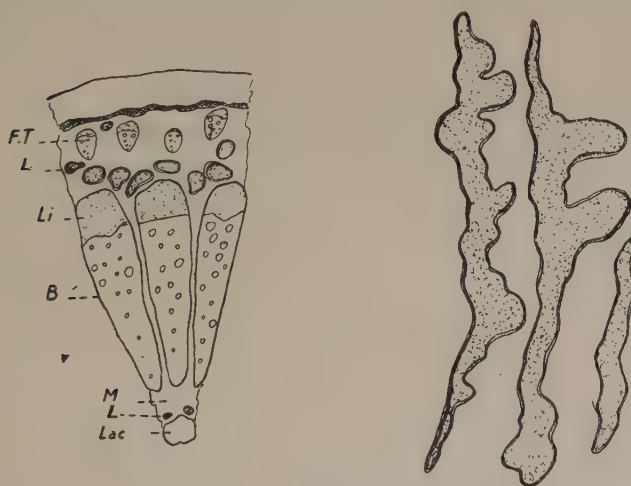


FIG. 35. — Rameau long. FT=faisceau tertiaire. L=laticifère. Li=liber. B=bois. M=moelle. Lac=lacune médullaire internodale. ($\times 15$).

FIG. 36. — Laticifères, coupe longitudinale. ($\times 60$).

et volumineux renflements, et à terminaison arrondie ou en pointe. En plus de ces laticifères strictement localisés, il s'en trouve d'autres, de diamètre beaucoup plus réduit, dans la moelle (qui se résorbe au centre suivant le mode lysigène) et dans l'écorce.

Rameaux courts : L'épiderme des rameaux courts présente quelques rares *lenticelles*, dans la région nodale, au-dessous de l'insertion des feuilles, tout à fait semblables à celles qui se forment sur les rameaux longs, avant l'apparition du périderme. Un péricycle scléro-parenchymateux entoure une vingtaine de faisceaux libéro-ligneux, dont les phloèmes présentent parfois une lacune. La moelle, fortement lignifiée à la périphérie, est lacuneuse au centre.

Feuilles : Le pétiole renferme cinq faisceaux libéro-ligneux pénétrant tous dans le limbe. Les nervures secondaires renferment *un seul faisceau* (*sans gaine scléreuse*) détaché du bord du faisceau médian de la nervure principale. Ces nervures latérales se ramifient à leur tour en réseaux très fins s'anastomosant, et dont les plus fines ramifications sont réduites à quelques vaisseaux spiralés.

Gnetum Leyboldi Tul.

[Brésil.]

Rameaux courts : Les rameaux courts sont recouverts par un épiderme à cuticule mince. On observe, par endroits, des *ébauches de formations lenticellaires*, d'origine stomatique, qui avortent de très bonne heure. Les fibres corticales sont très abondantes, celles de la région interne sont plus ou moins aplaties, à lumière large.

Le péricycle est formé d'un anneau constitué par un à deux rangs de scléréides canaliculées, doublé d'une assise parenchymateuse. La partie scléreuse est par endroits interrompue et passe à du parenchyme. Les faisceaux libériens sont séparés par des prolongements du péricycle. Le bois est riche en parenchyme ligneux, formé de cellules ressemblant à des trachéides, mais dont les ponctuations sont simples.

Les laticifères, répartis irrégulièrement dans l'écorce, sont localisés dans la portion centrale cellullosique de la moelle. Ils se trouvent plus ou moins écrasés contre la zone périphérique lignifiée de la moelle au fur et à mesure que la lacune centrale s'agrandit.

Feuilles : Le pétiole renferme neuf faisceaux libéro-ligneux, *chacun quittant, comme toujours, l'anneau de l'axe dans l'intervalle entre deux faisceaux*. La nervure médiane présente la même constitution, ses faisceaux étant entourés aussi par une seule assise parenchymateuse. Le médian détache au niveau de chacune des nervures latérales, qui sont éloignées et courbes, *trois faisceaux libéro-ligneux entourés par une assise entièrement parenchymateuse* envoyant des prolongements entre les phloèmes.

Gnetum paniculatum Spruce.

[Brésil.]

Rameaux courts : L'épiderme est revêtu par une mince cuticule. Le parenchyme cortical est sillonné de fibres ligneuses ou cellullosiques dans tout l'internœud ; au nœud ces fibres sont remplacées par des sclérites rameuses.

Le liber ancien vient s'écraser contre le péricycle : il est parfois séparé du nouveau par une petite lacune. Les tubes criblés ont des plaques criblées sur leurs cloisons terminales très obliques et sur leurs parois latérales.

Les trachéides, dans l'internœud, possèdent une seule rangée de ponctuations aréolées ; au nœud souvent deux. Les stries tertiaires d'épaississement qui les séparent sont généralement disposées deux par deux entre chaque dépression. Au nœud, les vaisseaux sont tout à fait semblables à ceux des *Ephedra*, avec des cloisons obliques perforées.

La moelle, lignifiée à la périphérie, parenchymateuse au centre, se résorbe tardivement.

Feuilles : Le pétiole, fortement canaliculé sur la face ventrale, est côtelé sur la face opposée. Il renferme des *laticifères articulés*, simples, dans ses trois à quatre assises périphériques, et surtout au voisinage des pointements ligneux ; de nombreuses fibres cellulósiques et quelques grosses fibres ligneuses, interrompent le parenchyme dorsal. Quelques rares fibres cellulósiques et de grosses fibres ligneuses circulent dans le parenchyme ventral.

Il y a sept faisceaux libéro-ligneux entourés du côté dorsal par une assise de cellules parenchymateuses, envoyant des prolongements entre les phloèmes. Tous les faisceaux pénètrent dans la feuille après s'être fusionnés en un arc plus ou moins continu qui, dans le limbe, est entouré par une gaine parenchymateuse doublée extérieurement par une assise de grosses scléréides.

Les nervures latérales, éloignées, courbées, reçoivent chacune un seul faisceau libéro-ligneux entouré de cel-

lules scléreuses et de fibres cellulosiques surtout sur leur face inférieure ; c'est parmi cette gaine que sont localisés les laticifères du limbe. Un très fin réseau de nervures circule dans le mésophylle, à consistance de cuir. Il y a deux à trois assises palissadiques, reposant sur un parenchyme rameux.

Gnetum urens (Aubl) Bl.

[Guyane.]

Rameaux longs : Ils renferment, d'après LE MAOUT et DECAISNE (1876) « un liquide mucilagineux et potable ».

Rameaux courts : Le parenchyme cortical est interrompu par des fibres minces, cellulosiques, des fibres beaucoup plus épaisses, tantôt lignifiées, tantôt cellulosiques et quelques *laticifères articulés, simples*, formés par de courtes files de quatre à cinq cellules.

Le pérycycle comprend une zone discontinue de cellules scléreuses, à parois peu épaissies, ponctuées, et une assise de cellules parenchymateuses.

La moëlle est lignifiée sur ses quatre assises externes, qui sont formées de cellules à parois épaisses, ponctuées, parmi lesquelles circulent quelques laticifères.

Dans la région centrale, les cellules, restées minces, cellulosiques, se résorbent pour former une lacune.

Feuilles : Le pétiole renferme cinq faisceaux libéro-ligneux pénétrant tous dans le limbe, entourés chacun par une assise parenchymateuse et séparés par quelques grosses sclérites rameuses. Presque toutes les cellules parenchymateuses du pétiole renferment des cristaux d'oxalate de calcium, généralement agglomérés en gros-

ses masses irrégulières, surtout dans les trois à quatre assises corticales externes. Il y a quelques laticifères, localisés le plus souvent au voisinage des faisceaux conducteurs.

Les nervures secondaires s'anastomosent avant d'arriver au bord du limbe. Chacune renferme *un faisceau libéro-ligneux non protégé par une gaine scléreuse*, et qui s'est détaché du faisceau médian de la nervure principale. Le parenchymè, sous-jacent à l'unique assise palissadique, est lacuneux et renferme d'abondantes sclérites très ramifiées et quelques fibres.

Section II. — **Cylindrostachys** Stapf.

Gnetum gnemonoides Brongn.

[De la Malaisie Ouest jusque la Nouvelle Guinée et les Philippines.]

Rameaux longs : L'épiderme renferme peu de stomates, aussi, de bonne heure, sous l'insertion des feuilles et parfois à la base des entrenœuds, presque tous donnent naissance à des *lenticelles primaires* analogues à celles des rameaux courts, et qui ne prennent jamais un très grand développement. Sur les tiges âgées, après l'établissement d'un périderme sous-épidermique, se forment des *lenticelles secondaires* qui deviennent très volumineuses. Les zones génératrices de ces lenticelles donnent plusieurs couches de fermeture ; dès que la plus interne se rompt, elle est remplacée par une nouvelle. Les cellules comblantes sont disposées en files

radiales formant deux gros bourrelets volumineux de chaque côté du sillon médian. Au nœud, l'accroissement en diamètre de la tige étant très accentué, les lenticelles sont très larges. Au-dessous, elles sont étirées dans le sens de l'axe de la tige. Leur phelloderme est très riche en cristaux d'oxalate de calcium.

En certains points, le liège prolifère en profondeur, suivant une longueur variable de la tige, formant, sur les coupes longitudinales, une sorte de fuseau subérisé qui finit par s'enfoncer plus ou moins dans l'écorce, englobant des cellules parenchymateuses et des fibres.

L'écorce renferme des cellules à contenu protéique, et de nombreux laticifères formés par des files régulières de cellules, *il y a d'abondantes réserves de grains d'amidon disposés en pyramides dans les cellules parenchymateuses bordant ces éléments*. Quelques fibres lignifiées et de nombreuses fibres cellulósiques interrompent le parenchyme cortical.

Le péricycle est formé par un anneau scléreux doublé d'une assise parenchymateuse.

Les cellules albumineuses, renfermant aussi quelques grains d'amidon sont abondantes dans le liber jeune, en files simples ou doubles. Elles s'écrasent plus ou moins dans le liber âgé qui renferme des îlots de fibrés colorées en jaune d'or très vif par la chrysoïdine et quelques-unes, cellulósiques, colorées en rose par le rouge Congo.

Les rayons médullaires, formés d'une à deux files de cellules, sont très amyliifères et *s'anastomosent entre eux comme chez les Ephedra*. Les vaisseaux du bois secondaire ont généralement leurs cloisons transversales per-

forées par un gros trou, provenant de la coalescence des petites perforations des vaisseaux jeunes. Par suite de tensions provenant de différences de croissance, il se forme dans le bois, de nombreux espaces intercellulaires.

La moelle, lignifiée sur ses assises externes, cellulósique dans sa portion centrale en voie de résorption, est entièrement bourrée d'amidon.

Rameaux courts : L'épiderme présente une cuticule nettement délimitée en deux zones, l'interne cellulósique, l'externe cutinisée; par endroits se forment de petites lenticelles qui avortent de bonne heure. L'écorce, très riche en fibres cellulósiques, est formée d'éléments parenchymateux renfermant d'abondantes agglomérations de cristaux d'oxalate.

Le péricycle est formé d'une assise de grosses cellules scléreuses, canaliculées, colorées en jaune citron par la chrysoïdine, doublée d'une assise parenchymateuse, contre laquelle viennent s'écraser en une masse brune, les premiers éléments du liber. (Fig. 39.)

Les tubes criblés sont disposés en rangées radiales assez régulières séparées parfois par une file de cellules albumineuses riches en oxalate. Entre le bois et le liber se forme souvent une petite lacune.

La moelle est lignifiée à la périphérie, cellulósique dans sa partie centrale en voie de résorption. Elle contient quelques fibres qui se terminent en pointe à des niveaux variés, quelques laticifères, et de nombreuses réserves amylacées.

Feuilles : Il se forme souvent, dans l'épiderme dorsal de la base du pétiole, une mince couche de liège forte-

ment imprégnée d'une matière brune (phlobaphènes probablement) et parfois interrompue par une ou deux lenticelles. Le parenchyme est interrompu par de grandes fibres cellulosiques à lumière large, irrégulière (Fig. 40), des fibres minces, de nombreux laticifères. Il renferme d'abondantes réserves amylacées.

Ses sept faisceaux libéro-ligneux pénètrent isolément dans le limbe. Chaque nervure secondaire renferme un faisceau libéro-ligneux entouré par une gaine scléreuse.

L'épiderme supérieur du limbe, à cuticule assez épaisse, repose sur deux à trois palissades dont la plus externe est entremêlée de nombreuses fibres cellulosi-

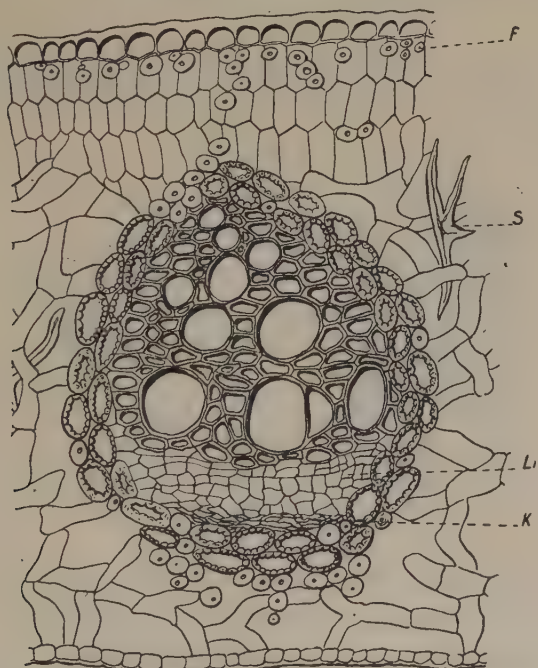


FIG. 37. — Mésophylle. F=fibres. S=sclérites rameuses.
Li=liber. K=kératenchyme. ($\times 120$).

ques. Tout le chlorenchyme sous-jacent est fortement rameux, avec de grandes lacunes, et quelques cellules scléreuses. (Fig. 37.)

A la base du pétiole se trouvent, de part et d'autre du nœud, une cavité formée par la résorption de cellules parenchymateuses, dont certaines restent allongées en files régulières. (Fig. 38). Dans cette «poche gemmaire»

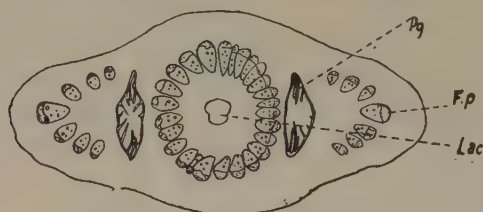


FIG. 38. — Coupe transversale nodale. Pg=poche gemmaire. Fp=faisceau pétiole. Lac=lacune médullaire internodale. (× 15).

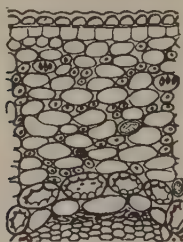


FIG. 39. — Rameau court (écorce et liber). (× 120).

FIG. 40. — Fibres à lumière large, à lumière étroite et parenchymé du pétiole. (× 160).

un peu analogue à celle que nous (1927) avons trouvée chez *Cytisus balansae* et *Sarothamnus catalaunicus*, se trouve tantôt un bourgeon axillaire, tantôt deux. Quand il y en a deux, le bourgeon accessoire est une ramification du bourgeon principal, et reste le plus souvent à

l'état de *bourgeon dormant*. Mais il arrive que les deux se développent l'année même de leur formation, ce qui contribue à rendre la ramification plus touffue.

Gnetum Rumphianum Becc.

[Java. Nouvelle Guinée.]

Rameaux longs: L'écorce est formée de cellules parenchymateuses à parois assez épaisses, et de fibres, toutes cellulósiques.

Le péri-cycle comprend une ou plusieurs rangées de grosses cellules scléreuses fortement colorées en jaune citron par la chrysoïdine et une assise de cellules parenchymateuses.

Les éléments du liber sont disposés en rangées régulières dans le sens tangentiel. Le bois est caractérisé par une grande abondance de parenchyme formé d'éléments rectangulaires à ponctuations simples.

Les fibres, lignifiées, sont assez nombreuses dans toute la moelle, dont la zone externe présente un certain nombre de petites lacunes, dues à la destruction d'une ou plusieurs files de cellules suivant une certaine longueur.

Feuilles: Le pétiole renferme cinq faisceaux libéro-ligneux qui se continuent dans le limbe. La nervure médiane envoie à chaque nervure secondaire *un seul faisceau non protégé par une gaine scléreuse*. Il n'y a pas de palissade. Le chlorenchyme est plus ou moins lacuneux, avec, par endroit, dans les cavités cellulaires, un cristal rhomboédrique d'oxalate. Les fibres sont généralement groupées en paquets.

Gnetum scandens Roxb.

[Himalaya. Inde. Chine. Cochinchine. Malaisie.]

Rameaux longs : L'épiderme est formé de cellules arrondies avec une cuticule épaisse. Des lenticelles se forment avant l'apparition du liège, au niveau de certains stomates. L'ostiole s'ouvre largement, les cellules situées au-dessous prolifèrent, forment un petit massif cellulaire qui comble la chambre sous-stomatique (d'ailleurs de très faibles dimensions) soulève l'épiderme et en amène la rupture. Ces cellules finissent par périr, une assise située plus profondément se subérifie, formant une lame subéreuse en verre de montre, à concavité externe, dont les bords sont enchassés dans l'épiderme, et dont l'assise génératrice produit un phelloderme qui prolifère activement, de sorte que la lame subéreuse se déchire. Ces lenticelles primaires en restent généralement à ce stade.

Dans les tiges de deux à quatre ans, une couche de liège s'établit dans la *deuxième assise corticale*, interrompue par des lenticelles très grosses et très nombreuses. Celles-ci sont surtout développées sur les rameaux vigoureux, dans la région nodale, au-dessous de l'insertion des feuilles et des rameaux courts, puis diminuent graduellement et disparaissent vers le tiers de l'entre-nœud ; il y en a quelques-unes aussi à la base des entre-nœuds. *Il semble que les feuilles et les rameaux courts favorisent la production des lenticelles au sommet des entre-nœuds* ; les lenticelles de cette zone ont d'ailleurs une taille beaucoup plus grande, une porosité plus considérable que celles qui sont au-dessus du nœud. Les

cellulès comblantes forment des files rayonnantes régulières qui s'épanouissent pour constituer les bourrelets latéraux. La couche vivante de la lenticelle est une zone génératrice concave vers l'extérieur, faisant suite au phellogène de la tige, et produisant vers l'extérieur et vers l'intérieur un phelloderme très riche en cristaux d'oxalate de calcium et en amidon, ce qui le différencie du phelloderme extra lenticillaire, d'ailleurs peu abondant. A travers les cellules comblantes on distingue une zone convexe de cellules subérifiées, aplaties, sans méats, parfois dédoublées, et deux ou plusieurs autres semblables qui se sont rompues et s'élargissent en éventail. Ce sont des *couches de fermeture*, qui finissent par se rompre par suite du développement du phelloderme sous-jacent à chacune d'elles ; aussitôt une nouvelle couche génératrice apparaît plus profondément. (Fig. 41).

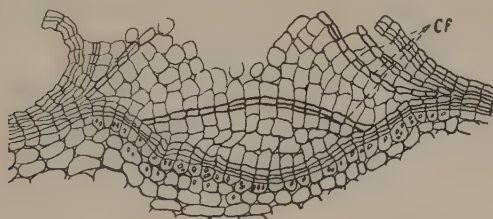


FIG. 41. — Lenticelle secondaire. Cf=couches de fermeture.
($\times 60$)

Il arrive souvent que l'assise subéro-phellodermique qui entoure la tige devienne beaucoup plus active en certains points, donnant naissance à une formation exagérée de suber qui s'enfonce dans l'écorce, en forme de demi-cercle sur les coupes transversales, puis en cercle,

maintenu au liège externe par un pédoncule subérisé, puis ce pédoncule disparaît et le liège ainsi isolé se trouve enfoncé dans l'écorce par suite du développement de celle-ci et s'y présente, sur les coupes longitudinales, en forme de fuseau.

L'écorce comprend 15 à 20 assises de cellules allongées tangentielllement, entremêlées de nombreuses fibres présentant à peu près toutes le même diamètre ; la moitié prennent les colorants du bois et sont d'ailleurs réparties irrégulièrement.

Le péricycle est formé par une ou plusieurs assises de grosses cellules à parois épaisses, canaliculées, doublées d'une à deux couches de cellules parenchymateuses. Il envoie vers l'intérieur des prolongements entre les phloèmes. Dans les tiges âgées, il arrive fréquemment que des *scléréides péricycliques* provenant de ces prolongements, *restées en place après l'accroissement en épaisseur, se retrouvent dans les rayons médullaires du bois.*

Entre les tubes criblés du liber jeune se trouvent des files simples ou doubles de cellules albumineuses à contenu protéique très épais, renfermant en outre de petits cristaux d'oxalate de calcium et quelques grains d'amidon. (Fig. 42.)

Le protoxylème est formé de vaisseaux réticulés, annelés et spiralés, avec, souvent, des spires dextres et sénestres sur le même élément, et de quelques trachéïdes à ponctuations aréolées. Le métaxylème est riche en parenchyme, formé de cellules à ponctuations simples.

La structure secondaire commence d'abord d'une façon normale. Les rayons médullaires larges renfer-

ment parfois des éléments de xylème et de phloème, ce qui prouve qu'il s'agit de rayons composés, formés par agrégation de rayons unisériés comme chez les *Ephedra*. Les vaisseaux du bois, qui ne sont pas gênés dans leur développement par la présence de fibres, ont un calibre très grand et ne présentent jamais de thyllés. (Fig. 43.)

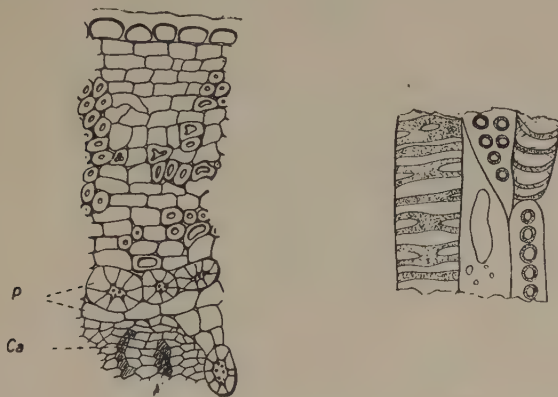


FIG. 42. — Rameau long (structure primaire). P=péricycle.
Ca=cellules albumineuses. ($\times 120$).

FIG. 43. — Bois, coupe longitudinale. ($\times 200$).

Quand le premier cambium cesse de fonctionner, un nouveau se forme dans la partie parenchymateuse du péricycle ; des cloisonnements tangentiels dans son assise la plus interne produisent un méristème qui se différencie en faisceaux libéro-ligneux tertiaires, d'abord du côté où la traction produite par l'enroulement a été la plus grande.

Les formations surnuméraires s'établissent ainsi, successivement, donnant de nombreux cercles concentriques de faisceaux libéro-ligneux séparés radialement par des rayons médullaires formés de une à dix ran-

gées de cellules restant parenchymateuses, ce qui assure une *grande flexibilité* à la tige ; ces cellules sont riches en cristaux d'oxalate et en grains d'amidon. De plus, la présence de ces larges rayons médullaires *favorise le déplacement des faisceaux libéro-ligneux quand sa tige est tordue*.

La moelle, comme dans les tiges jeunes, est formée par des cellules arrondies, régulièrement méatiformes, généralement ponctuées, interrompues par quelques fibres isolées dont quelques-unes prennent les colorants du bois, et, au nœud, par quelques rares sclérites rameuses.

Feuilles : Le pétiole prend à la tige sept faisceaux libéro-ligneux, le médian étant beaucoup plus développé que les autres. Les sclérites rameuses sont très abondantes, surtout localisées entre les faisceaux. Tous ceux-ci pénètrent dans le limbe, qui est longuement elliptique. Le médian se continue jusqu'à l'extrémité du limbe, et envoie à chaque nervure secondaire *trois faisceaux libéro-ligneux entourés par une gaine formée d'une à deux assises de cellules scléreuses entremêlées de fibres*, et envoyant des prolongements entre les phloèmes.

L'épiderme supérieur présente des stomates le long de la nervure médiane, et parfois sur la partie proximale des nervures secondaires. Quelques fibres isolées ou par petits groupes sont réparties parmi les deux assises palissadiques. Au-dessous se trouvent quatre à six assises de parenchyme lacuneux avec des îlots fibreux. Les cellules de l'assise précédant l'épiderme renferment parfois un ou deux cristaux rhomboédriques d'oxalate, ou un oursin.

L'épiderme inférieur est formé d'éléments irrégulièrement orientés, deux fois plus grands que ceux de l'épiderme supérieur. Les cellules annexes des stomates, légèrement enfoncées dans les jeunes feuilles, se trouvent au niveau de l'épiderme dans les feuilles âgées. (Fig. 44.)

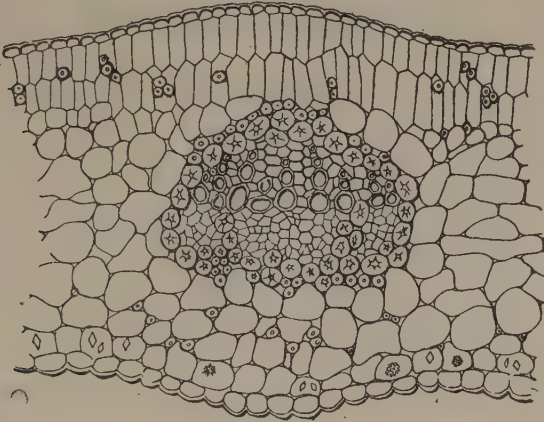


FIG. 44. — Mésophylle. ($\times 120$).

Gnetum funiculare Bl.

[Cochinchine. Java. Sumatra. Bornéo.]

Rameaux longs : Ils sont caractérisés par de nombreuses *lenticelles primaires* (Fig. 45) naissant de bonne

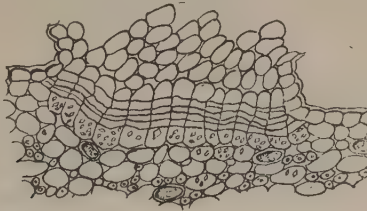


FIG. 45. — Lenticelle primaire de la tige. ($\times 100$).

heure sous certains stomates. L'assise génératrice lenticellaire produit vers l'intérieur une mince zone phellogermique riche en cristaux d'oxalate. Les cellules complantes sont arrondies, séparées par des méats, et disposées de façon tout à fait irrégulière. Il y a dans l'écorce, des *files de deux à quatre cellules à contenu brun* tout à fait semblables aux laticifères simples articulés de l'Oignon.

Le péricycle est constitué par un anneau scléreux, formé d'une ou plusieurs assises de cellules canaliculées, doublé d'une assise parenchymateuse, contre laquelle vient s'écraser le liber primaire en une masse brune où les éléments ne sont plus reconnaissables. Les tubes criblés du liber secondaire sont très longs, avec des plaques criblées sur leurs parois terminales très obliques et sur leurs parois latérales.

Le protoxylème renferme des vaisseaux présentant souvent tous les passages des ornements annelés et spiralés aux rayées, et quelques trachéides à ponctuations aréolées séparées par des stries plus ou moins obliques dues à des épaississements des parois.

Les cellules parenchymateuses, très nombreuses dans le bois secondaire, diffèrent des trachéides par l'absence de ces stries, et parce que leurs ponctuations sont simples. Par endroits, ces cellules parenchymateuses s'écartent, par suite d'une croissance irrégulière, et laissent entre elles de *larges espaces*.

Rameaux courts : Ils sont fistuleux, leur protoxylème est formé uniquement de vaisseaux spiralés, leurs trachéides n'ont qu'un seul rang de ponctuations aréolées.

Feuilles : A l'aisselle de chaque feuille, il y a *parfois*

deux bourgeons axillaires en position superposée ; le bourgeon supérieur se développe seul en général, l'autre restant à l'état de bourgeon dormant, mais parfois chacun donne naissance à un rameau court.

Le pétiole renferme neuf faisceaux libéro-ligneux à peu près de même taille, entourés sur la face dorsale d'une gaine scléro-parenchymateuse se prolongeant plus ou moins loin entre les faisceaux.

De bonne heure apparaît sur toute la face ventrale du pétiole un phellogène d'origine épidermique donnant vers l'extérieur quatre à six assises de liège à parois épaisses, et vers l'intérieur une assise phellogermatique oxalifère, à parois minces. Sur un de ces pétioles nous avons observé trois lenticelles encastrées dans le périoderme, dont les cellules comblantes sont disposées très irrégulièrement comme sur la tige, et dont le phellogermme est beaucoup plus oxalifère que le phellogermme extra-lenticellaire. (Fig. 46.)



FIG. 46. — Pétiole. Le=lenticelle. Su=suber. F=faisceaux avec formations secondaires. ($\times 30$).

De plus, chez cette espèce uniquement, nous avons noté la présence presque constante de formations libéro-ligneuses secondaires dans le pétiole. (Fig. 47.)

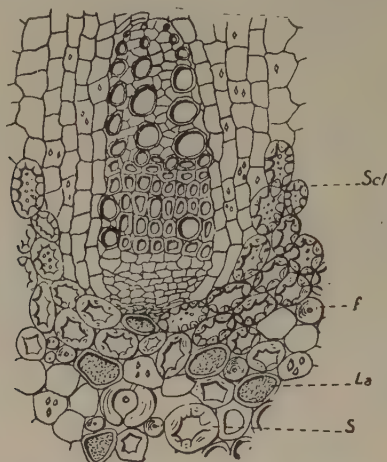


FIG. 47. — Détail d'un faisceau libéro-ligneux du pétiole.
F=fibre, La=laticifère, Scl et S=sclérïdes. ($\times 160$).

La nervure principale de la feuille a la même structure que la méristèle du pétiole. Le faisceau médian envoie dans chaque nervure secondaire un seul faisceau libéro-ligneux entouré de cinq à sept assises de grosses cellules scléreuses. Le réseau de nervures d'ordre tertiaire et d'ordre plus élevé est à peine distinct; certaines terminaisons libres présentent quelques éléments de transfusion finement réticulés.

Gnetum ula Brongn.

[Malaisie Ouest jusqu'à Nikobar. Java. Agalhatti.]

Rameaux longs : L'épiderme est papillifère. Les cinq à sept assises parenchymateuses corticales sont, en

coupe transversale, allongées tangentiellement. De nombreuses fibres cellulosiques et quelques rares fibres lignifiées y circulent. Les laticifères, pouvant atteindre un et même deux centimètres de long, sont surtout abondants dans la partie externe de l'écorce. Ils sont formés par des *files de cellules dont les parois de séparation sont souvent résorbées* ; le parenchyme qui les entoure est fortement amyliifère, les *grains d'amidon étant disposés en pyramide sur le plancher de la cellule*.

Dans les tiges âgées, l'écorce garde la même structure, mais une mince couche de liège se forme dans l'assise parenchymateuse *sous-épidermique*, se raccordant parfois à une *assise subéreuse épidermique*, dont le phellogène fonctionne en certains points seulement. Les lenticelles sont nombreuses au sommet des entrenœuds, sous l'insertion des feuilles.

Le péricycle est formé de deux à cinq assises de grosses scléréides canaliculées et de deux à trois assises parenchymateuses ; dans ces dernières circulent quelques courts laticifères simples articulés.

La tige s'épaissit d'abord par des formations libéro-ligneuses normales ; le kératenchyme est riche en fibres cellulosiques ; les éléments du liber jeune, disposés en files radiales, sont séparés par des rangées de cellules albumineuses. Les larges rayons médullaires, constitués par agrégation de rayons unisériés, s'anastomosent entre eux. Ils sont constitués par des cellules parenchymateuses allongées radialement, dont quelques-unes sont oxalifères, et par des scléréides restées en place, après l'accroissement en épaisseur, et provenant des prolongements envoyés par le péricycle entre les phloèmes. Ces

rayons médullaires forment des lames parenchymateuses radiales. Les tiges âgées, lorsque la première assise génératrice libéro-ligneuse a fini de fonctionner, sont très rarement cylindriques ; il y a le plus souvent formation de *bandes libéro-ligneuses* (d'origine péricyclique) *localisées soit d'un seul côté, soit sur deux faces opposées*. Dans le premier cas, la moelle reste cylindrique, lignifiée sur ses assises externes, qui renferment des laticifères au voisinage des pointements ligneux ; dans le deuxième cas, elle est presque complètement envahie par les faisceaux, mais les laticifères y sont toujours localisés de la même façon.

Les formations libéro-ligneuses anormales prennent naissance dans la zone parenchymateuse du péricycle. Le premier cercle de formations pachytiques tertiaires provient de l'assise interne de ce parenchyme, qui se cloisonne tangentiellement, donnant une quinzaine d'assises parenchymateuses. Dans certaines de ces cellules, qui restent toutes celluloseuses, se constitue un méristème, qui donnera naissance aux faisceaux libéro-ligneux surnuméraires, en produisant du bois en direction centripète, du liber en direction centrifuge, ce dernier se formant d'abord beaucoup plus activement que le bois. Dans ces faisceaux anormaux, comme dans le premier cercle libéro-ligneux, le phloème présente des zones de liber mou et de liber dur, fibreux. Le parenchyme non lignifié est très développé au milieu du bois, dont les *vaisseaux sont très larges, parce qu'ils ont pu facilement augmenter leur calibre en comprimant ce parenchyme mou*, qui ne renferme pas de fibres. Les cloisons transversales des vaisseaux qui, dans les tiges

jeunes présentaient plusieurs perforations, n'en ont plus qu'une très grande dans les tiges âgées, de sorte que ces vaisseaux paraissent parfois ouverts.

Il y a de nombreuses communications entre les faisceaux libéro-ligneux tertiaires : anastomoses entre les faisceaux d'une même zone, entre ceux de zones successives, entre ceux des formations secondaires anormales et ceux de l'anneau central.

Les zones anormales se développent du haut vers le bas, comme nous l'avons observé aussi chez *G. scandens*, *G. africanum*, *G. schwackeanum*. La croissance en épaisseur par formation de nouvelles couches de tissus d'épaississement aux dépens du péricycle parenchymateux commence vers le septième entrenœud et procède en direction descendante. Les faisceaux d'un premier anneau et ceux des suivants se ramifient avant de s'anastomoser, et donnent naissance à de nouveaux faisceaux se développant vers le bas, dans la zone parenchymateuse du péricycle.

Rameaux courts : Ils ne présentent rien de particulier. Les laticifères y sont répartis de façon variable dans l'écorce, parfois dans le péricycle, fréquemment dans la moelle, qui renferme aussi des fibres ligneuses, et dont la partie centrale, cellulosique, se résorbe de bonne heure en une lacune, suivant le mode lysigène.

Feuilles : A l'aisselle des feuilles il y a souvent un bourgeon surnuméraire au-dessous du bourgeon axillaire. Les deux se développent quelquefois. Le pétiole renferme neuf faisceaux libéro-ligneux, entourés chacun par une assise parenchymateuse et séparés par de grosses sclérites rameuses. Les fibres cellulosiques sont très

abondantes, surtout sur la face dorsale, parsemées de grosses fibres rameuses lignifiées, parmi un parenchyme riche en amidon. Les deux à trois assises sous l'épiderme ventral sont remplies de phlobaphènes brun fauve, insolubles dans l'eau.

Dès leur entrée dans le limbe, qui est aminci à la base, les faisceaux libéro-ligneux sont entourés par une gaine scléro-parenchymateuse envoyant des prolongements entre les phloèmes. Le faisceau libéro-ligneux médian envoie à chaque nervure secondaire *trois faisceaux libéro-ligneux protégés par une gaine scléreuse*.

Le chlorenchyme comprend une palissade et trois à quatre assises de parenchyme lacuneux, rameux par endroit, dans lequel circulent de nombreuses fibres cellulosiques, des sclérites rameuses lignifiées et de très nombreux laticifères à contenu brun clair, bleuissant fortement sous l'action d'une solution aqueuse d'acétate de fer à 20%.

Gnetum latifolium Bl.

[Indes. Java. Célèbes. Nouvelle Guinée. Philippines.]

Rameaux longs : L'épiderme est très riche en stomates, c'est peut-être la raison pour laquelle il ne se forme *pas de lenticelles primaires*. Une mince couche de liège sous-épidermique se forme dans les tiges âgées de deux ans, mais nous n'avons *pas observé de lenticelles secondaires*.

Le parenchyme cortical est formé d'éléments allongés tangentiellement, en coupé transversale. Il a la même structure dans les tiges jeunes et dans les tiges âgées, le

phellogène épidermique ne produisant pas de phello-derme. Les fibres, toutes cellulosiques, sont très nombreuses.

Le péricycle comprend un anneau de deux à quatre assises de grosses cellules pierreuses, doublé de deux assises cellulosiques à parois minces.

Il y a de nombreux cristaux clinorhombiques isolés ou groupés en masses compactes dans certaines cellules du parenchyme cortical et des rayons médullaires.

La moelle est lignifiée à la périphérie, fortement ponctuée, et renferme quelques fibres cellulosiques et quelques *laticifères articulés simples comme ceux de l'écorce*. Les parois minces, cellulosiques des grandes cellules de la région centrale se résorbent au cours de l'accroissement de la tige, et la moelle présente de bonne heure une lacune internodale.

Rameaux courts : Ils renferment 25 faisceaux libéro-ligneux nettement séparés par un péricycle scléroparenchymateux qui se prolonge entre chacun d'eux, disparaissant dans la région centrale. Ils sont fistuleux.

Feuilles : Le parenchyme du pétiole renferme de nombreux cristaux clinorhombiques, isolés ou groupés en amas très denses. Il y a huit faisceaux libéro-ligneux, entourés chacun d'une assise parenchymateuse. Tous pénètrent dans le limbe, qui est largement elliptique, souvent même presque circulaire, après s'être entourés d'une gaine scléreuse.

Les nervures secondaires renferment chacune *trois faisceaux libéro-ligneux* provenant, celles d'un côté, du quatrième faisceau de la nervure principale, celles de l'autre, du cinquième faisceau. Ces nervures sont entou-

rées d'une assise parenchymateuse doublée extérieurement de deux à trois assises de cellules scléreuses.

Le chlorenchyme comprend une palissade et cinq à six assises de parenchyme légèrement rameux entremêlé de fibres et de sclérites ramifiées.

Gnetum neglectum Blume.

[Bornéo.]

Rameaux longs : L'épiderme est souvent interrompu par la formation de lenticelles primaires surtout abondantes dans la région nodale, mais ne prenant jamais un très grand développement. L'assise génératrice est en forme de cuvette; les cellules comblantes qui s'étaient développées sous le stomate origine de la lenticelle s'étalent en éventail de chaque côté du sillon médian, formant ainsi deux bourrelets latéraux proéminents. Cette assise génératrice produit vers l'intérieur un phelloderme très riche en cristaux d'oxalate.

Dans les tiges de trois ans, des îlots de liège s'établissent dans l'épiderme, et finissent bientôt par se rejoindre. Il n'y a pas de phelloderme, de sorte que la structure de l'écorce secondaire est la même que celle de l'écorce des tiges primaires. Des lenticelles, enchassées dans ce liège, sont très abondantes surtout au sommet des entrenœuds, au-dessous de l'insertion des feuilles et des rameaux courts.

L'écorce est formée de cinq à six assises de cellules parenchymateuses, tantôt arrondies, tantôt allongées tangentiuellement, et renfermant des cristaux rhomboédriques d'oxalate de calcium et des grains d'amidon.

Entre ces cellules circulent de longues fibres à parois épaisses plus ou moins lignifiées et quelques fibres de même diamètre dont les parois sont restées cellulosiques.

Le péricycle est formé de trois à cinq assises de grosses cellules scléreuses à parois canaliculées, et de deux assises parenchymateuses, contre lesquelles vient s'écraser le liber ancien dont les éléments parenchymateux ne sont plus très distincts et dont les fibres, cellulosiques, sont très nombreuses. (Fig. 48.)

Le liber jeune renferme des files radiales régulières de cellules représentant des coupes transversales de tubes criblés, passant parfois par un cal bien coloré au bleu C B B B.

Le protoxylème contient des vaisseaux spiralés qui, au nœud, passent à des vaisseaux réticulés.

Le bois secondaire renferme des *trachéides* (Fig. 49) à une, deux et jusqu'à cinq rangées de ponctuations aréolées, passant parfois à de véritables vaisseaux au

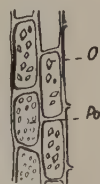
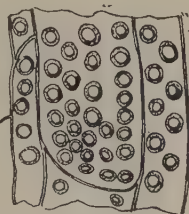
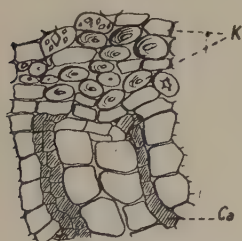


FIG. 48. — Liber. K=kératenchyme. Ca=cellules albumineuses. ($\times 200$).

FIG. 49. — Trachéides. ($\times 300$).

FIG. 50. — Rayon médullaire. O=oxalate. Po=ponctuations. ($\times 240$).

moins sur une partie de la longueur, quand plusieurs punctuations, situées sur les cloisons transversales, confluent en une large perforation arrondie. Trachéides et vaisseaux, n'ayant pas été gênés dans leur développement par la présence de fibres ligneuses, ont un grand diamètre et sont entourés par d'abondantes formations de parenchyme resté cellulosique. Les rayons médullaires (Fig. 50), larges, formés de une à sept files de cellules, restent cellulosiques vers la périphérie, où on observe parfois quelques scléréides péricycliques, provenant des protubérances du péricycle restées en place après l'accroissement en épaisseur et se lignifiant parfois vers l'intérieur. Leurs cellules, le plus souvent perforées, sont riches en cristaux clinorhombiques d'oxalate.

Après la formation d'un premier anneau normal de formations libéro-ligneuses secondaires, s'établissent des zones anormales successives, prenant naissance dans la zone parenchymateuse péricyclique, et procédant toujours en direction descendante.

La moëlle, comme dans les tiges jeunes, est formée en coupe transversale, de cellules arrondies avec méats réguliers, fortement ponctuées. Il n'y a pas de fibres. Au bout de la deuxième année il y a destruction des cellules centrales dans les internœuds, de sorte que la tige est fistuleuse. Elle reste pleine aux nœuds, et renferme alors quelques sclérites lignifiées médullaires.

Rameaux courts: Ils sont très finement costulés. L'épiderme est légèrement papillifère. Le péricycle, formé d'un anneau scléreux doublé d'une assise parenchymateuse, entoure les 20 faisceaux libéro-ligneux dont la moitié à peu près sont caractérisés par une lacune entre

le liber ancien et le liber jeune. Une grande lacune occupe la région axiale de la moelle internodale.

Feuilles : Le pétiole, fortement canaliculé sur la face supérieure, renferme sept faisceaux libéro-ligneux pénétrant tous dans le limbe qui est longuement ovale et se termine en pointe aux deux extrémités. Le faisceau médian, plus volumineux, envoie à chaque nervure secondaire, un *faisceau libéro-ligneux, entouré d'une gaine scléreuse de trois à six assises de scléréides canaliculées et de fibres étroites à parois épaisses et lignifiées.*

L'épiderme supérieur repose sur une assise palissadique interrompue par des fibres surtout abondantes au niveau des nervures secondaires. Il y a quatre à cinq assises de parenchyme rameux interrompu par des fibres et des sclérites rameuses, puis une assise de cellules parenchymateuses isodiamétriques, recouvrant l'épiderme inférieur riche en stomates orientés dans toutes les directions. Tout le mésophylle est riche en cristaux d'oxalate de calcium.

Gnetum cuspidatum Bl.

[Sumatra. Bornéo.]

Rameaux longs : Nous n'avons pas observé la formation de lenticelles primaires sur les tiges jeunes.

Le parenchyme cortical est formé de huit assises de cellules riches en cristaux d'oxalate, parmi lesquelles circulent un grand nombre de fibres, toutes de même calibre, à parois plus ou moins épaissies et dont la plupart sont cellulósiques.

Dans les tiges de quatre ans, un *phellogène* s'établit dans la cinquième assise corticale, produisant vers l'extérieur cinq à dix assises subéreuses qui exfolient un *rhytidome* très foliacé, lamelleux. Au sommet des entrenœuds et parfois à la base, des *lenticelles secondaires* (Fig. 51) se forment sous ces lambeaux, aux dépens du



FIG. 51. — Lenticelle secondaire. ($\times 80$).

péricycle qui les recouvre d'abord, puis éclate, mettant au jour les cellules comblantes à parois minces, méatiformes, s'épanouissant de façon à constituer deux volumineux bourrelets latéraux en partie recouverts par une couche de suber. La zone génératrice de la lenticelle donne vers l'intérieur un phelloderme très riche en cristaux d'oxalate.

Le péricycle, formé de deux à quatre assises scléreuses, doublées de deux assises parenchymateuses, envoie en direction radiale, des prolongements séparant les phloèmes, et se continuant par les rayons médullaires ligneux, formés de cellules à parois ponctuées, parfois lignifiées et renfermant des cristaux d'oxalate.

Le protoxylème renferme des vaisseaux présentant à la fois des ornements rayés, réticulés, spiralés

(avec changement de sens de la spire) annelées, et des vaisseaux rayés ou réticulés dont certaines portions, séparées par deux plages obliques percées de perforations rondes, simples, ne présentent aucune ornementation. (Fig. 52.)

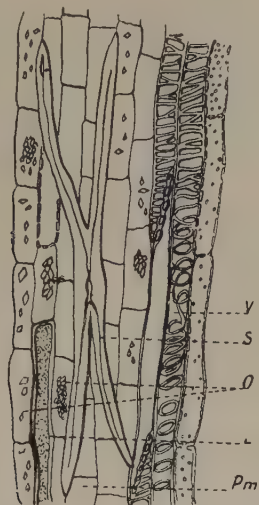


FIG. 52. — Rameau long. Pm=parenchyme médullaire. L=laticifère. O=oxalate. V=vaisseaux. S=sclérite. ($\times 240$).

Le métaxylème renferme des trachéides avec des rangées simples de perforations aréolées séparées par des spirales tertiaires d'épaississement, du parenchyme très abondant, formé d'éléments allongés longitudinalement et présentant de nombreuses ponctuations simples. Les fibres sont rares dans le bois, leurs ponctuations sont en forme de fente, et elles offrent parfois des termes de passage au parenchyme ligneux.

Le bois secondaire renferme beaucoup plus de vaisseaux que le bois primaire. L'accroissement en épais-

seur se fait de façon normale par le jeu d'un cambium intra libérien.

La moelle jeune, comme la moelle âgée, est lignifiée sur quatre à cinq de ses assises périphériques. Au centre elle est formée d'éléments cellulósiques, laissant entre eux des méats ; dans les tiges âgées ces cellules se résorbent dans la région centrale ; elles deviennent fistuleuses au niveau des entrenœuds. Les fibres sont rares dans la moelle, les sclérites y sont fréquentes ; au niveau des nœuds, les éléments cristalligènes à cristaux clinorhombiques sont nombreux. Quelques laticifères, localisés au voisinage des pointements ligneux, et formés de *cellules allongées, à terminaison obtuse, semblables à ceux de l'écorce*, caractérisent la zone lignifiée pérимédullaire internodale. (Fig. 52.)

Rameaux courts : Les rameaux courts présentent, au sommet des entrenœuds, quelques *rarees lenticelles* ayant une origine stomatique et qui avortent de très bonne heure. L'éconcé renferme des fibres cellulósiques et quelques rares fibres lignifiées.

Entre des cellules parenchymateuses toujours gorgées d'amidon circulent des laticifères à parois cellulósiques et renfermant un *latex très gommifère*, que nous avons pu mettre en évidence par le procédé de Lutz dans des rameaux secs abandonnés dans l'alcool pendant plusieurs jours.

Le périocycle présente les mêmes caractères que dans les rameaux longs, et envoie des prolongements courts entre les phloèmes des 30 faisceaux libéro-ligneux.

La moelle est lignifiée à la périphérie, parcourue par des sclérites rameuses. Sa partie centrale est formée par

des cellules parenchymateuses à parois très minces qui se résorbent au cours du développement,, de sorte que les rameaux ne tardent pas à devenir fistuleux.

Feuilles: Les feuilles, arrondies à la base, à consistance de cuir, sont reliées à la tige par un pétiole renfermant neuf petits faisceaux, séparés les uns des autres par de grandes sclérites très rameuses. Les trois à quatre assises parenchymateuses de la face ventrale du pétiole sont entièrement bourrées de cristaux d'oxalate.

Les faisceaux libéro-ligneux du pétiole pénètrent tous dans le limbe. Le médian envoie à chaque nervure secondaire *un faisceau libéro-ligneux entouré de quatre à cinq assises scléreuses* qui n'existent ni dans le pétiole, ni autour de la nervure principale. Toutes ces nervures secondaires s'anastomosent entre elles pour former vers le bord du limbe, les arcades de premier ordre. Les nervures tertiaires et les nervures d'ordre plus élevé s'anastomosent aussi entre elles, et sont réduites à quelques vaisseaux spirales et quelques éléments de transfusion finement réticulés. (Fig. 53.)

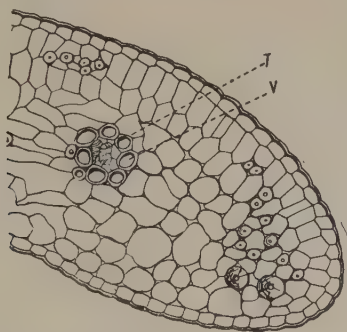


FIG. 53. — Bord du limbe. T=trachéides de transfusion.
V=vaisseaux. ($\times 100$).

CONCLUSIONS

I. Le *Welwitschia* présente la même structure cuticulaire que les *Ephedra* ; les feuilles, sillonnées de nervures parallèles dont les faisceaux, entourés d'une gaine de tissu de transfusion, sont réunis par de minces anastomoses, ont un parenchyme très riche en tanin, surtout dans la région proximale, à chimisme particulièrement intense.

II. Les *Ephedra* sont caractérisés dans l'ensemble par une structure fortement xérophytique.

Les stomates de la tige sont enfoncés sous l'épiderme; la cuticule, toujours formée de trois couches, est très épaisse, recouverte de résine chez un grand nombre d'espèces (*E. alata*, *E. Torreyana*, *E. intermedia*), de cire chez d'autres, surtout dans les sillons (*E. equisetina*, *E. distachya*, *E. nevadensis*) ; les puits cuticulaires sont obstrués par des productions cireuses (*E. pachyclada*, *E. intermedia*, *E. nebrodensis*, *E. frustillata*) ou résineuses (*E. strobilacea*, *E. Przewalskii*).

Les cellules annexes des stomates, toujours au nombre de deux, parallèles à la fente du stomate, sont divisées en deux par une anticline oblique dans toute la tribu *Leptocladae* et chez *E. dumosa* et *E. frustillata*.

L'épiderme est généralement simple ; il présente souvent des éléments dédoublés tangentiellement (*E. distachya*, *E. monosperma*, *E. Gerardiana*, *E. nebrodensis*, *E. fragilis*, *E. Cossini*) ; dans ces trois dernières espèces, l'épiderme des rameaux âgés est fréquemment double partout. L'épiderme est pilifère chez *E. altissima* et *E. foliata*.

La structure du bois est uniforme. Cependant, chez certaines espèces (*E. nebrodensis* et toute la tribu antisiphiliticae) les éléments du protoxylème, de plus en plus volumineux à partir du pôle de différenciation, sont disposés en V, entourant le métaphloème. Le bois des formes grimpanes est caractérisé par de larges vaisseaux bien développés parce qu'il n'y a pas de fibres ligneuses. Les larges rayons médullaires sont généralement formés par agrégation de rayons unisériés ; à leur voisinage, la croissance du bois est retardée, de sorte que le contour du xylème est festonné.

Les fibres hypodermiques, mésocorticales, péricycliques et médullaires sont toutes terminées en pointe, sauf chez l'*E. ochreata* qui a, en plus de ces fibres normales, quelques fibres terminées en spatule comme dans le Jute.

Quand il se forme plusieurs assises péridermiques, le liège est toujours d'autant moins différencié, le pheloderme d'autant plus développé que l'assise génératrice s'installe plus profondément.

Les feuilles, rarement linéaires (*E. altissima*, *E. foliata*) sont généralement réduites, engainantes. Les deux traces foliaires sont parfois accompagnées d'éléments de transfusion. Après avoir cheminé parallèlement, elles se réu-

nissent et se terminent, à un niveau variable, par quelques trachéïdes de transfusion, finement réticulées, parfois ponctuées, qui se perdent, vers l'extrémité distale de la feuille, dans un parenchyme homogène.

Dans l'ensemble, tous les caractères anatomiques concordent sensiblement, pour chaque espèce, avec la classification de STAFF basée sur l'étude du fruit.

En ce qui concerne le chimisme cellulaire, les tanins sont généralement abondants, localisés dans l'épiderme (*E. Twediana*), dans l'écorce (*E. Cossoni*), dans l'épiderme et dans l'écorce (*E. triandra*, *E. nebrodensis* var. *campylopoda*), dans l'épiderme et la moelle (*E. pachyclada*, *E. americana*, *E. alata*, *E. strobilacea*, *E. frustilata*), dans l'épiderme, l'écorce et la moelle (*E. Torreyana*, *E. nevadensis*, *E. antisiphilitica*, *E. ochkata*, *E. nebrodensis*), dans la moelle (*E. Przewalskii*, *E. aspera*, *E. fragilis* var. *Desfontainii*, *E. helvetica*, *E. distachya*, *E. equisetina*, *E. Gerardiana*, *E. dumosa*). Les tanins sont toujours beaucoup plus abondants dans les rameaux jeunes. Dans les feuilles, ils s'accumulent en général dans les cellules épidermiques, et surtout dans le parenchyme de la base de la gaine. D'une façon générale, ils sont localisés dans les tissus très actifs, à chimisme intense. Dans les rameaux et les feuilles des *E. altissima* que nous avons cultivés en atmosphère sèche et en atmosphère humide, nous avons observé que l'humidité diminue la formation des tannins.

Cette expérience nous a montré aussi que, dans l'air humide, le diamètre des cellules épidermiques est plus grand que dans l'air sec ; la cloison séparant les cellules de garde des cellules annexes est très mince, alors que

dans l'air sec elle est épaisse ; les stomates sont moins nombreux, le stéréome moins développé, mais les cordons fibreux toujours localisés sensiblement aux mêmes endroits ; le nombre des palissades est le même, mais elles sont plus courtes ; le système d'aération est augmenté : des canaux apparaissent entre les cellules palissadiques, les méats de l'écorce interne sont plus grands et plus nombreux ; les trachéides du bois ont des parois minces, faiblement lignifiées ; la moëlle présente un diamètre plus grand. Les feuilles sont plus minces par suite du raccourcissement des cellules palissadiques.

Les *Ephedra* sont parfaitement organisés pour se plier aux variations de l'état hygrométrique de l'air : au moment d'une brusque période de sécheresse succédant à une période humide, ou inversement, ils produisent en grande quantité des rameaux, très rapidement. Souvent même, deux bourgeons se forment à l'aisselle d'une feuille, ainsi que nous l'avons observé par exemple chez *E. altissima*, *E. Torreyana*, *E. fragilis*, et se développent tous deux. De même, il y a fréquemment des chutes périodiques de rameaux, tout à fait comparables à la chute des feuilles des arbres. Les rameaux se détachent au niveau de la zone séparatrice qui se trouve à la base des entrenœuds, du liège de cicatrisation se forme, et les trachéides sont bientôt noyées dans un abondant tissu de transfusion.

La nature du sol a une grande influence sur la structure des *Ephedra* : ceux qui proviennent des terrains granitiques ont des chambres sous-stomatiques plus grandes que dans les terrains calcaires ; le système d'aération est mieux développé : la nature siliceuse du sol

détermine donc une structure légèrement hygrophylite, alors que les sols calcaires accentuent la xérophilie.

Certains *Ephedra*, comme par exemple l'*E. nebrodensis* var. *Villarsi*, l'*E. fragilis*, l'*E. Cossoni*, l'*E. alata*, sont ubiquistes ; l'*E. nebrodensis* var. *sugarica*, paraît silicicole ; l'*E. helvetica* semble calcicole ; l'*E. distachya* se développe particulièrement bien dans les terrains dont le pH est compris entre 8 et 8,4.

L'action de l'ombre se traduit par une différenciation beaucoup moins grande des tissus. Des *Ephedra* d'une station ombreuse, comparés à des *Ephedra* d'une station ensoleillée (sol calcaire dans les deux cas) sont caractérisés par des palissades plus courtes, des incrustations d'oxalate de calcium moins importantes, un stéréome moins développé, une moelle formée de cellules à parois beaucoup plus minces. Les phellogènes s'installent aux dépens des mêmes assises, mais beaucoup plus tardivement. D'autre part, dans la station ensoleillée, les papilles épidermiques jouant le rôle de ménisques réfléchissant la lumière sont mieux développées que dans la station ombragée. Le rôle de ces papilles apparaît bien aussi dans les échantillons provenant des dunes sahariennes ; elles sont alors parfois assez peu développées, le sable en suspension dans l'air atténuant l'intensité des rayons solaires.

En comparant des *Ephedra* provenant de terrains gréseux, à des altitudes différentes, nous avons observé que ceux des hautes altitudes ont des caractères xérophytiques beaucoup plus marqués : les antichambres des stomates sont plus ou moins comblées par de la cire ou de la résine ; les cellules épidermiques ont un diamètre

plus petit qu'aux basses altitudes ; les cellules du tissu palissadique sont beaucoup plus allongées, le stéréome plus développé ; le périderme s'établit beaucoup plus tôt, mais toujours aux dépens des mêmes assises.

En somme, le milieu ne modifie pas l'ossature de la plante, mais détermine des modifications d'ordre protoplasmique, des modifications de nature chimique.

III. Les *Gnetum* ont une structure se rapprochant beaucoup de celle des Dicotylédones.

La cuticule est formée de deux couches, l'interne, cellulosique, l'externe, cutinisée.

Sur les rameaux longs, des lenticelles primaires, d'origine stomatique, se forment, chez un certain nombre d'espèces, avant l'apparition du périderme : (*G. Bucholzianum*, *G. gnemonoïdes*, *G. scandens*, *G. funiculare*, *G. neglectum*). Il y a des lenticelles secondaires chez *G. gnemon*, *G. Thoa*, *G. nodiflorum*, *G. scandens*, *G. funiculare*, *G. neglectum*, encastées dans un périderme toujours épidermique ou sous-épidermique. Chez *G. cuspidatum*, le périderme s'établissant profondément dans l'écorce, avec un phelloderme bien développé, les lenticelles se forment sous le rhytidome, foliacé. Le phelloderme lenticellaire est toujours riche en cristaux d'oxalate de calcium.

Il y a presque toujours des laticifères, localisés dans les tissus parenchymateux. Ils sont tantôt formés de files de cellules (*G. Bucholzianum*, *G. paniculatum*, *G. urens*, *G. gnemonoïdes*, *G. funiculare*, *G. ula*, *G. latifolium*), tantôt d'une seule cellule allongée (*G. gnemon*, *G. Thoa*, *G. nodiflorum*, *G. cuspidatum*) ; chez *G. Schwakeanum*, ce sont des poches volumineuses présentant d'abondants

renflements. Le contenu de tous ces laticifères, formés suivant le mode lysigène, est de nature chimique variée, amylacé, tannifère ou gommifère, mais le parenchyme avoisinant renferme toujours d'abondantes réserves d'amidon, les grains étant souvent disposés en pyramide sur le plancher des cellules.

Certaines espèces, comme par exemple *G. gnemon*, ont des formations secondaires libéro-ligneuses normales. Leurs branches horizontales acquièrent une structure dorsiventrale, se traduisant par une épixylie comme chez les « feuillus » (alors que chez les « résineux » il y a dans ce cas hypoxylie). La moelle est très excentrique par suite du fort développement du « bois de tension » sur la face supérieure, du faible développement du « bois de compression » sur la face inférieure. Dans le bois de tension les fibres ligneuses sont plus nombreuses, le développement des rayons médullaires est plus considérable, les vaisseaux sont moins abondants. Les lenticelles, sur ces rameaux, sont toujours plus nombreux sur la face inférieure.

G. africanum, *G. Thoa*, *G. Schwakeanum*, *G. scandens*, *G. ula*, *G. neglectum*, après un accroissement normal, forment des faisceaux surnuméraires. Ces zones anormales successives prennent naissance dans la zone parenchymateuse du péricycle, et procèdent toujours en direction descendante. Le plus souvent, l'assise génératrice péricyclique fonctionne d'abord d'un côté, puis sur le pourtour, de sorte que chaque zone anormale est finalement complète, mais plus ou moins régulière ; chez *G. ula*, il y a formation de bandes libéro-ligneuses tertiaires localisées soit d'un seul côté, soit sur deux faces opposées.

Tous les faisceaux de la tige présentent entre eux des anastomoses. Les vaisseaux de toutes ces espèces à formations surnuméraires, non gênés dans leur développement par la présence de fibres, sont caractérisés par leur grand calibre, leurs cloisons largement perforées, parfois même complètement résorbées. De plus, les larges rayons médullaires, surtout importants chez les formes lianoïdes, favorisent le déplacement des faisceaux libéro-ligneux quand la tige est tordue ; ces bandes parenchymateuses radiales séparant les faisceaux conducteurs permettent à la plante de s'accommoder aux torsions.

Il y a, chez toutes les espèces, comme chez le Chêne, des rayons médullaires unisériés, et des rayons médullaires larges de plusieurs files de cellules allongées dans le sens radial, formés par divisions cellulaires localisées.

Les trachéides fibreuses, les formes de transition entre les trachéides et les vaisseaux, les vaisseaux du bois primaire et du jeune bois secondaire, avec leurs nombreuses perforations simples ressemblent à ceux des Cupulifères.

Les rameaux courts ont une structure à peu près uniforme et sont en général fistuleux. Leurs faisceaux gemmaires se rendant aux bourgeons axillaires perdent peu à peu leurs éléments de soutien et envoient au bourgeon quelques vaisseaux spiralés ; il n'y a pas de tubes criblés.

A l'aisselle des feuilles se trouvent souvent deux bourgeons en position superposée, le bourgeon accessoire étant une ramification du bourgeon axillaire et pouvant rester à l'état de bourgeon dormant ou se développer comme le bourgeon de première génération, ce qui con-

tribue à rendre la végétation plus touffue. Chez *G. gnemonoides* le bourgeon axillaire ou les bourgeons multiples sont logés dans une poche gemmaire.

Les pétioles ont des formations péridermiques chez quelques espèces ; chez *G. funiculare* nous avons observé des formations subéro-phellodermiques interrompues par des lenticelles, et des formations secondaires libéro-ligneuses discontinues.

Le mésophylle est nettement caractérisé par la structure de son chlorenchyme et surtout par celle de ses nervures secondaires. Celles-ci se détachent du faisceau médian de la nervure principale suivant le mode de ramification des faisceaux monocentres indiqué par C. E. BERTRAND dans sa théorie du faisceau.

Les nervures secondaires sont formées par :

1° Un faisceau libéro-ligneux entouré d'une gaine scléreuse. (*G. africanum*, *G. nodiflorum*, *G. paniculatum*, *G. funiculare*, *G. neglectum*).

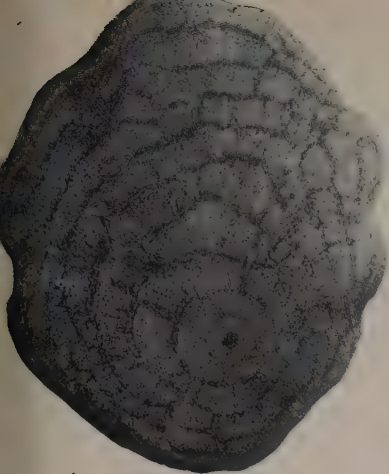
2° Un faisceau entouré d'une assise parenchymateuse. (*G. Brunonianum*, *G. costatum*, *G. Bucholzianum*, *G. Schwakeanum*, *G. urens*, *G. gnemonoides*).

3° Un gros faisceau entouré d'une gaine parenchymateuse, et de chaque côté un petit. (*G. gnemon*, *G. Thoa*).

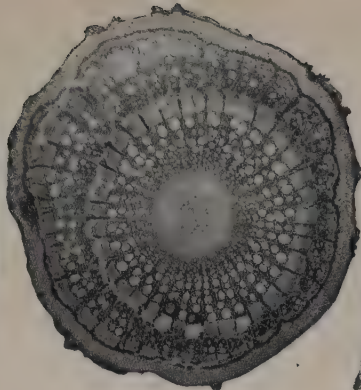
4° Trois faisceaux entourés d'une gaine scléreuse. (*G. Leyboldi*, *G. scandens*, *G. ula*, *G. cuspidatum*).

Ces caractères anatomiques pourraient être utilisés, en même temps que les caractères de morphologie externe, dans la classification des Gnétacées.

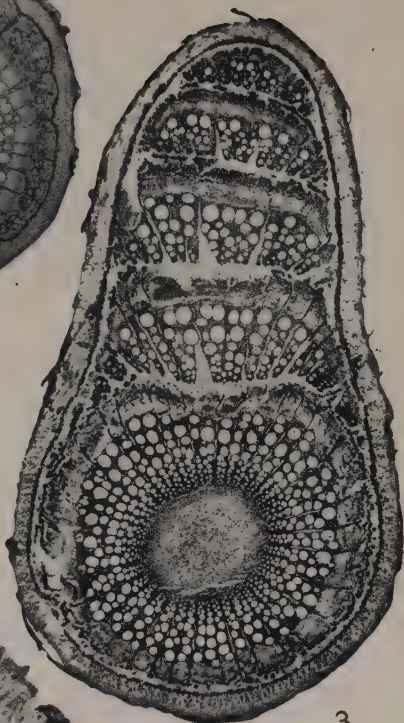
1. — *Gnetum scandens* Roxb. (Grandeur naturelle.)
2. — *Gnetum scandens* Roxb. (× 4.)
3. — *Gnetum ula* Brongn. (× 4.)
4. — *Gnetum gnemon* L., rameau horizontal. (× 4.)
5. — *Ephedra altissima* Desf. (× 2.)
6. — *Ephedra alata* Dec. (× 2.)
7. — *Ephedra altissima* Desf. var. *mauritanica* Stapf.,
coupe montrant les poils épidermiques. (× 50.)



1



2



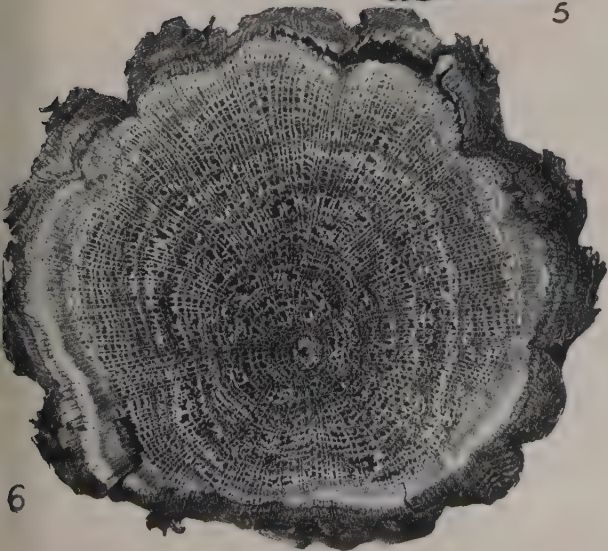
3



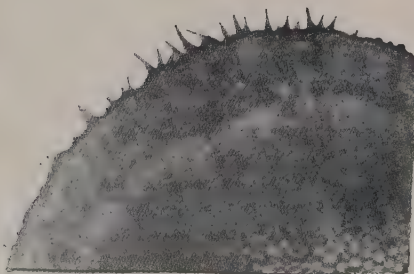
5



4



6



7

BIBLIOGRAPHIE

1908. — ARBER (N.) et PARKIN (J.). — *Studies on the Evolution of the Angiosperms. The relationship of the Angiosperms to the Gnetales*. Ann. of Bot. XXII.
1881. — ARBAUMONT (D'). — *La tige des Ampélidées*, Ann. Sc. nat. 6^e série. XI.
1903. — BAUM (H.). — *Kunene-Zambesi Expédition*. Berlin.
1874. — BERTRAND (C. E.). — *Anatomie comparée des tiges et des feuilles chez les Gnétacées et les Conifères*. Ann. Sc. nat. 5^e série. XX.
1880. — ID. — *Théorie du faisceau*. Bull. scientifique du Département du Nord. XII.
1894. — BOODLE (L.) and WORSDELL (W. C.). — *On the comparative Anatomy of the Casuarineae with special reference to the Gnetaceae and Cupuliferae*. Ann. of Bot. XXIII.
1881. — BOWER (F. O.). — *On the further Development of Welwitschia mirabilis*. Quart. Journ. Micr. Sci. XXI.
1882. — ID. — *The Germination and Embryogeny of Gnetum gnemon*. Quart. Journ. Micr. Sci. XXII.
1872. — BUCH (OTTO). — *Sclerenchymzellen*. Breslau.
1855. — CARRIÈRE (E. A.). — *Traité général des Conifères*.
1910. — CHERMEZON (H.). — *Recherches anatomiques sur les plantes littorales*. Ann. Sc. nat. 9^e série. XII.
1920. — CHODAT (R.). — *Principes de Botanique*. Genève.
1909. — COULTER (J. M.). — *Evolutionary Tendencies among Gymnosperms*. Bot. Gaz. XLVIII.
1877. — DE BARY (A.). — *Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne*. Leipzig.

1912. — DUTHIE (A. V.). — *Anatomy of Gnetum africanum*.
Ann. of. Bot. XXVI.
1910. — EAMES (A. J.). — *On the origin of the broad ray in Quercus*. Bot. Gaz. XLIX.
1926. — ENGLER (A.) und PRANTL (K.). — *Nat. Pflanzenfamilien*, XIII.
1927. — GEORGE (L.). — *Etude anatomique des tiges de Cytisès de l'Afrique du Nord*. Bull. Soc. Hist. nat. Afr. du Nord t. XVIII, n° 2.
1930. — ID. — *Contribution à l'étude des Gnetum*. — Mémoires de la Société des Sciences de Nancy.
1930. — ID. — *Sur les Ephedra nebrodensis Tineo de l'Afrique du Nord*. C. R. Académie des Sciences. 5 mai.
1930. — ID. — *Sur quelques particularités anatomiques des Gnetum*. C. R. Acad. Sc. 28 juillet.
1867. — GEYLER (TH.) — *Ueber d. Gefassbündelverlauf*. Pringsh. Jahrb. Bd VI. Heft 1 et 2.
1841. — GÖPPERT. — *De structura anatomica*.
1909. — GRAHAM (R. J. D.). — *On the histology of the Ephedrae, with special reference to the value of the histology for systematic purposes*. Transact. R. Soc. Edimburgh. 46.
- 1891-92. — GÜRICH (G.). — *Deutsch-Südwest-Afrika*. Mitt. Geol. Ges. Hambourg.
1913. — HABERLANDT (G.). — *Zur Physiologie des Zellteilung*. Sitz. ber. d. Kön. Preuss. Ak. d. Wissensch. t. XVI.
1901. — HALLIER (H.). — *Ueber die Verwandtschaftsverhältnisse der Tubifloren und Ebenalen, der polyphyletischen Ursprung der Synpetalen und Apetalen und die Anordnung des Angiospermen überhaupt*. Abh. naturw. Ver. Hamburg, XVI.
1903. — ID. — *Beitr. z. Morphogenie des Sporophyll und des Trophophyll in Beziehung zur Phylogenie der Kormophyten*. Jahrb. Hamb. Wissensch. Amt. t. XIX.
1847. — HENRY (A.). — *Beitr. z. Kennn. d. Laubknospen*.

- 1908-1910. — HILL (T. G.) and DE FRAINE (E.). — *On the Seedling Structure of Gymnosperms. (Gnetales)*. Ann. of Bot. XXII, XXIII, XXIV.
1863. — HOOKER (J. D.). — *On Welwitschia, a new Genus of Gnetaceae*. Trans. Linn. Soc. Lond. t. XXIV.
1914. — JANSE (J. M.). — *Les sections annulaires de l'écorce et le suc descendant*. Ann. Jard. Bot. Buitenzorg, XIII.
1917. — JEFFREY (E. C.). — *The Anatomy of woody Plants*. Chicago.
1789. — JUSSIEU (A. L. DE). — *Genera Plantarum*.
1847. — KARSTEN (G.). — *Vegetation—Organe d. Palmen*. Abh. d. Berl. Akad.
1815. — KIESER. — *Grundzüge der Anatomie der Pflanzen*. Iena.
1916. — LA RIVIÈRE (H. C. C.). — *Sur l'Anatomie et l'épaississement des tiges du Gnetum moluccense Karst*. Ann. Jard. Bot. Buitenzorg, t. XXX.
1923. — LA RIVIÈRE (H. C. C. BECKER). — *Note additionnelle sur l'épaississement du Gnetum*. Id. t. XXXIII.
1847. — LE MAOUT (E.) et DECAISNE (J.). — *Traité général de Botanique*. Paris.
1912. — LIGNIER (O.) et TISON (A.). — *Les Gnétales, leurs fleurs et leur position systématique*. Ann. Sc. nat. 9^e série, t. XVI.
- 1918-1930. — MAIRE (R.). — *Contribution à l'étude de la flore de l'Afrique du Nord*. Bull. Soc. H. Nat. Afr. du Nord.
1914. — MARLOTH (R.). — *The Vegetation of South Africa, London and Cap Town*.
1830. — MEYEN (F. J. F.). — *Phytotomie*.
1846. — MEYER (C. A.). — *Versuch einer Monogr. d. Gatt. Ephedra*. Mem. Acad. Sc. de St Petersburg.
1914. — MEZ (C.) und LANGE (L.). — *Serodiagnostische Untersuchungen über die Verwandtschaften innerhalb der Pflanzengruppe der Parietales*. Beitr. Biol. Pflanzen, t. XII.

1832. — MOHL (H.). — *De la structure des gros tubes ponctués des Ephedra*. Ann. Sc. nat. 1^{er} série, t. XXVI.
1862. — MOHL (VON). — Bot. Zeit.
1885. — MOROT (L.). — *Recherches sur le péricycle chez les Phanérogames*. Ann. Sc. nat. 6^e série, XX.
1958. — NÄGELI (C.). — *Beitr. z. Wissenschaft Bot.* Heft 1, pl. 2.
1918. — NICOLAS (G.). — *Observations sur l'Anatomie des Ephedra de l'Afrique du Nord*. Bull. Soc. Hist. nat. Afr. du Nord.
1906. — PEARSON (H. H. W.). — *Some observations on Welwitschia mirabilis* Hook. Phil. Trans. R. Soc. Lond., t. CXCVIII.
1907. — ID. — *Some Notes on a Journey from Walfisch Bay to Windhuk*. Kew Bull.
1909. — ID. — *Percy Sladen Memorial Expedition in South-West Africa*. Nature.
1929. — ID. — *Gnetales*. Cambridge University Press.
1912. — REHFOUS (L.). — *Etude sur les stomates*. Thèse. Genève.
1872. — SACHS (J.). — *Lehrbuch der Botanik*.
1863. — SANIO (C.). — *Vergleichende Unters. über d. Zusammensetzung d. Holzkörpers*. Bot. Zeit.
1893. — SCHRENCK (H.). — *Beitr. zur Biologie und Anatomie der Lianen, in besonderen der in Brasilien einheimischen Arten*. II Teil, Iena.
1911. — SCHUSTER (J.). — *Weltrichia und die Bennettitales*. Sw. Vet. Akad. Handl. Bd. XLVI, n^o 11, Stockholm.
1920. — SCOTT (D. H.). — *Studies in fossil Botany*.
1902. — SCHOUTE (J. C.). — *Die Stelär-theorie*. Groningen.
1913. — SIGRIANSKI. — *Quelques observations sur l'Ephedra helvetica* Mey. Thèse Genève.
1899. — SLUYTER (H.). — *Beitr. z. Kenntniss des anatomischer Baues einiger Gnetum Arten*. Inaug. Diss. Kiel.
1871. — SOLMS-LAUBACH (G.). — *Ueber einige geformte Vorkommnisse oxalsauren Kalkes in lebenden Zellmembranen*. Bot. Zeit. Jahrgang.

1889. — STAPF (O.). — *Die Arten der Gattung Ephedra*.
Denkschr. Math. — Naturw. Cl. k. Akad. Wissensch.
Wien. LVI.
1872. — STRASBURGER (E.). — *Die Coniferen und die Gnetaceen*.
Iena.
1879. — ID. — *Die Angiospermen und die Gymnospermen*. Iena.
1891. — ID. — *Über den Bau und die Verrichtungen der Lei-
tungslahnen in den Pflanzen*. Iena.
1910. — SYKES (M. G.). — *The Anatomy of Welwitschia mira-
bilis in the Seedling and Adult States*. Trans. Linn.
Soc. Lond. VII.
1913. — TAKEDA (H.). — *Some points in the Anatomy of the
Leaf of Welwitschia mirabilis*. Ann. of. Bot. XXVII.
1913. — ID. — *Development of the Stomata in Gnetum gne-
mon*. Id.
1912. — THOMPSON (W. P.). — *The Anatomy and Relationships
of the Gnetales*. Ann. of Bot. XXVI.
1918. — ID. — *Independant Evolution of Vessels in Gnetales
and Angiosperms*. Bot. Gaz. LXV.
1919. — ID. — *Companion Cells in Bast of Gnetum and Angio-
sperms*. Ibid. LXVIII.
1891. — TRABUT (L.). — *Précis de Botanique médicale*. Paris
1918. — VAN TIEGHEM (Ph.) et COSTANTIN (J.). — *Traité élémén-
taire de Botanique*. Paris.
1876. — VESQUE (J.). — *Mémoire sur l'Anatomie comparée de
l'écorce*. Paris.
1877. — WIGAND (A.). — *Zur Verständigung über das Hornpro-
senchym*. Flora.
1887. — WOLKENS. — *Die Flora der Aegyptisch-arabischen
Wüste*. Berlin.
1901. — WORSDELL (W. C.). — *The vascular structure of the
« Flowers » of the Gnetaceae*. Ann. of Bot. XV.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	3
CHAPITRE I.	
HISTORIQUE	9
CHAPITRE II.	
<i>Welwitschia mirabilis</i> Hook	25
CHAPITRE III.	
<i>Ephedra alata</i> Dec.	29
— <i>strobilacea</i> Bge.	33
— <i>Przewalskii</i> Stapf.	35
— <i>trifurca</i> Torr.	37
— <i>Torreyana</i> Wats.	38
— <i>Californica</i> Wats.	41
— <i>aspera</i> Engelm.	42
— <i>altissima</i> Desf.	45
— <i>foliata</i> Boiss.	55
— <i>fragilis</i> Desf.	59
— <i>Cossoni</i> Stapf.	63
— <i>pachyclada</i> Boiss.	65
— <i>intermedia</i> S et M.	67
— <i>helvetica</i> C. A. M.	69
— <i>distachya</i> L.	72
— <i>monosperma</i> C. A. M.	76
— <i>Gerardiana</i> Vall.	77
— <i>nebrodensis</i> Tin.	78
— <i>equisetina</i> Bge.	85

	Pages
<i>Ephedra nevadensis</i> Wats.	86
— <i>antisiphilitica</i> Berl.	88
— <i>americana</i> H. et B.	89
— <i>Twediana</i> C. A. M.	91
— <i>triandra</i> Tul.	92
— <i>ochreatea</i> Miers.	93
— <i>Dumosa</i> Miers	94
— <i>frustillata</i> Miers	95
Les <i>Ephedra</i> en Afrique du Nord.	97

CHAPITRE IV.

<i>Gnetum gnemon</i> L.	106
— <i>Brunonianum</i> Griff.	111
— <i>costatum</i> K. Sch.	112
— <i>africanum</i> Welw.	113
— <i>Bucholsianum</i> Engl.	115
— <i>Thoa</i> R. Br.	117
— <i>nodiflorum</i> Brongn.	119
— <i>Schwackeanum</i> Taub.	122
— <i>Leyboldi</i> Tul.	124
— <i>paniculatum</i> Spruce.	125
— <i>urens</i> (Aubl.) Bl.	127
— <i>gnemonoides</i> Brongn.	128
— <i>Rumphianum</i> Becc.	133
— <i>scandens</i> Roxb.	134
— <i>funiculare</i> Bl.	139
— <i>ula</i> Brongn.	142
— <i>latifolium</i> Bl.	146
— <i>neglectum</i> Bl.	148
— <i>cuspidatum</i> Bl.	151
CONCLUSIONS	157
BIBLIOGRAPHIE	167



DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté :

Géologie. — **Les Hommes quaternaires.**

Zoologie. — **Le Mimétisme.**

Vu et approuvé :

Paris, le 16 juin 1930.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

C. MAURAIN.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLÉTY.

